



**industriales**  
etsii

**Escuela Técnica  
Superior  
de Ingeniería  
Industrial**

# **UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA**

**Escuela Técnica Superior de Ingeniería  
Industrial**

## **Estudio de soluciones de un edificio destinado a una gran superficie comercial desde el punto de vista de la eficiencia energética**

### **PROYECTO FINAL DE CARRERA**

**Ingeniería en Organización Industrial**

**Autora: Juana María Jaime Nicolás**  
**Director: David Herrero Pérez**  
**Codirector: José Manuel Olmos Noguera**



**Universidad  
Politécnica  
de Cartagena**

**Cartagena, septiembre de 2017**

### ***Agradecimientos.***

A **José Manuel Olmos**, por su amabilidad, optimismo, y el gran apoyo que me ha brindado en el desarrollo de este proyecto.

A mis compañeros de clase y ahora amigos, **Carmen, Carolina, Alfonso** y en especial a **María José**, por los buenos ratos que pasamos durante la carrera y estar siempre dispuestos a echar una mano.

A mi **madre**, por ser la persona que me ha animado a seguir hacia adelante haciendo que los problemas no parezcan tan importantes.

A mi hija **Andrea**, por ser la razón de no tirar nunca la toalla.

Y sobre todo a la persona sin la cual no lo hubiera podido conseguir, la que más me ha apoyado, la que siempre ha creído en mí, mi marido **Jesús**.

A todos ellos y al resto de personas que durante estos años me han apoyado y animado, **GRACIAS**.

## Índice

1. INTRODUCCIÓN .....	6
2. OBJETIVO .....	6
3. EMPLAZAMIENTO .....	7
4. USO Y DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO .....	7
5. NORMAS EMPLEADAS .....	11
6. DISEÑO Y CÁLCULO ESTRUCTURAL .....	11
6.1 Condiciones de cimentación. ....	11
6.2 Materiales empleados.....	12
6.3 Acciones .....	12
6.3.1 Carga Muerta .....	12
6.3.2 Sobrecarga de uso .....	15
6.3.3 Temperatura .....	16
6.3.4 Nieve .....	17
6.3.5 Viento.....	18
6.3.6 Sismo .....	32
6.4 Combinación de acciones.....	33
6.4.1 Para las comprobaciones de Estados Límites Últimos. ....	33
6.4.2 Para verificación de los Estados Límite de Servicio.....	33
6.4.3 Coeficientes parciales de seguridad de las acciones .....	34
6.5 Modelo y Análisis Global.....	34
6.6 Comprobaciones realizadas. ....	36
6.6.1 Rigidez del sistema de arriostramiento.....	36
6.6.2 Aptitud al servicio.....	38
6.6.2.1 Desplazamientos horizontales .....	38
6.6.2.2 Flechas.....	41
6.6.3 Estados Límite Últimos.....	44
6.6.3.1 Barras del sistema de arriostramiento. ....	44
6.6.3.2 Barras de cerchas.....	44
6.6.3.3 Pórticos de alma llena .....	48
6.6.3.4 Correas y vigas de soporte de cerramientos .....	49
6.6.3.5 Estados Límite Últimos en soportes de hormigón.....	49
6.6.4 Desplazamientos en situación sísmica.....	49

<b>7. INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN.</b>	<b>53</b>
<b>7.1 Introducción a la iluminación.</b>	<b>53</b>
7.1.1 Iluminación en locales comerciales.	53
<b>7.2 Luz Natural</b>	<b>53</b>
7.2.1 Luz natural en Cartagena.	55
<b>7.3 Diseño Lumínico.</b>	<b>56</b>
7.3.1 Cálculo de Luz artificial y natural en zona de ventas.	57
7.3.1.1 Iluminación Natural en el exterior.	57
7.3.1.2 Nivel de iluminación requerido según el uso del edificio	58
7.3.1.3 Dimensiones y características de la zona que queremos iluminar	60
7.3.1.4 Tipo de sistema de iluminación artificial y natural empleado	61
7.3.2 Cálculos y resultados obtenidos.	63
7.3.2.1 Luz Artificial.	65
7.3.2.1.1 Zona de Exposición.	66
7.3.2.1.2 Zona de cajas y mesa de envolver.	70
7.3.2.1.3 Zona de ventas, plano de trabajo 1,5m.	71
7.3.2.1 Luz Natural.	73
<b>7.3 Cumplimiento HE3: Eficiencia Energética de las Instalaciones de Iluminación.</b>	<b>77</b>
7.4.1 Valor de Eficiencia Energética de la Instalación (VEEI):	78
7.4.2. Potencia instalada en edificio.	78
<b>7.5 Sistemas de control y regulación</b>	<b>79</b>
<b>8. INSTALACION DE CLIMATIZACIÓN</b>	<b>80</b>
<b>8.1. Introducción</b>	<b>80</b>
<b>8.2. Datos de diseño.</b>	<b>81</b>
8.2.1 Características de Uso.	81
8.2.2 Zona climática.	81
8.2.3 Condiciones exteriores de cálculo.	81
8.2.4 Condiciones interiores de cálculo.	82
8.2.5 Características de los Cerramientos, valores de transmitancia U ( $W/m^2\ ^\circ C$ )	83
<b>8.3 Cargas térmicas</b>	<b>88</b>
8.3.1 Cargas térmicas en Refrigeración:	88
8.3.2 Cargas térmicas en Calefacción:	90
8.3.3 Cálculo de las cargas térmicas.	91
<b>8.4 Diseño de Instalación de Climatización.</b>	<b>100</b>
8.4.1 Elección de sistema y equipo de climatización.	100
8.4.2 Diseño de conductos y difusión:	101



---

<b>9. PRESUPUESTO.....</b>	<b>105</b>
<b>9.1 Presupuesto de ejecución de Nave 1. Cubierta Plana .....</b>	<b>105</b>
<b>9.2 Presupuesto de ejecución de Nave 2. Pórticos de Alma Llena .....</b>	<b>110</b>
<b>9.3 Presupuesto de ejecución de Nave 3. Dientes de sierra .....</b>	<b>115</b>
<b>9.4 Resumen del presupuesto .....</b>	<b>119</b>
<b>10. CONSUMO ENERGÉTICO.....</b>	<b>120</b>
<b>10.1 Consumo energético en instalación de iluminación: .....</b>	<b>120</b>
<b>10.2 Consumo energético en equipos instalados:.....</b>	<b>122</b>
<b>10.3 Consumo energético Sistema Ventilación. ....</b>	<b>122</b>
<b>10.4 Consumo energético Sistema Climatización.....</b>	<b>124</b>
<b>10.5 Resumen consumo energético.....</b>	<b>126</b>
<b>11. COSTES .....</b>	<b>126</b>
<b>11.1 Inversión inicial.....</b>	<b>126</b>
<b>11.2 Cuadro previsional de explotación .....</b>	<b>127</b>
<b>11.2.1 Ingresos.....</b>	<b>127</b>
<b>11.2.2 Costes de explotación. ....</b>	<b>128</b>
<b>12. CONCLUSIONES.....</b>	<b>135</b>
<b>13. BIBLIOGRAFÍA. ....</b>	<b>137</b>
<b>ANEJO 1.A Cálculos Sofistik Nave 1, Cubierta Plana .....</b>	<b>138</b>
<b>ANEJO 2.A Cálculos Sofistik Nave 2, Pórticos de Alma Llena .....</b>	<b>322</b>
<b>ANEJO 3.A Cálculos Sofistik Nave 3, Dientes de Sierra .....</b>	<b>472</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

Una vez definida la distribución en planta de un edificio para un determinado uso y decidido el emplazamiento, llega el momento del diseño del edificio y de sus instalaciones necesarias. El coste del edificio y el de su mantenimiento son dos de los parámetros fundamentales a tener en cuenta en su diseño. La forma del edificio, la calidad y la configuración de su cerramiento van a influir de manera determinante en el coste de los consumos por climatización e iluminación. En este proyecto final de carrera se estudian varias soluciones estructurales, de cerramiento y de instalaciones del edificio para una gran superficie comercial, donde las necesidades de climatización y de iluminación, buscando el confort de los clientes, pueden ser mayores que las de edificios para otras actividades industriales clásicas de producción. Finalmente se comparan estas soluciones desde los puntos de vista técnico y económico teniendo en cuenta su eficiencia energética

## 2. OBJETIVO

El objetivo principal de este trabajo es estudiar la influencia de la solución estructural elegida para un edificio de gran superficie comercial, y por lo tanto de la forma del edificio, en el coste de su construcción y en el del consumo energético, mayormente, por las instalaciones de iluminación y climatización.

Para ello se ha seguido la siguiente metodología:

1º Recopilación de toda la normativa relacionada con el diseño y la construcción de un edificio industrial de uso comercial.

2º Definir la distribución en planta de la actividad comercial que se realizará en el edificio. Es decir, definir las necesidades de espacio para el establecimiento comercial, los diferentes usos de esos espacios, etc., a partir de documentación consultada.

3º Diseño básico de 3 soluciones estructurales que permitan cubrir el espacio total definido en la fase 2º y respeten las necesidades de espacio libre interior. En este diseño básico de soluciones para la estructura, se dimensionarán tanto los sistemas estructurales principales como los sistemas de arriostramiento. De esta forma se podrá valorar el coste de estas alternativas estructurales.

4º En función de las tipologías estructurales y las pendientes de la cubierta, se definirá el cerramiento de cubierta y los paramentos laterales con los acristalamientos más adecuados, en cada caso.

5º Diseño de los sistemas de iluminación y de climatización necesarios en función de las características y necesidades del edificio en cada solución.

6º Estimación económica del coste de climatización, iluminación, baja tensión, y demás instalaciones para el edificio.

7º Cálculo del coste de construcción de las 3 soluciones planteadas para el edificio y estimación del coste del consumo energético de cada alternativa.

8º Análisis comparativo desde el punto de vista técnico y económico de las distintas soluciones.

### 3. EMPLAZAMIENTO

El emplazamiento elegido para la situación del edificio es dentro del Polígono Industrial Cabezo Beaza de la Ciudad de Cartagena, al sureste de la provincia de Murcia, donde hay parcelas disponibles con superficie suficiente para albergar el edificio y donde en los últimos años se ha potenciado actividad comercial similar.

### 4. USO Y DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO

El uso de la nave es el de comercialización de pequeños electrodomésticos.

El mismo edificio se va a diseñar con tres tipologías estructurales distintas, pero en todos los casos se va a tener la misma forma y distribución en planta; va a ser rectangular, de 60.72m por 45.72m, con un total de 2.776.12 metros cuadrados construidos. La diferencia entre ellas está en cómo se ha resuelto la estructura y forma de cubierta.

**Nave 1: Cubierta plana.**

**Nave 2: Pórticos de alma llena.**

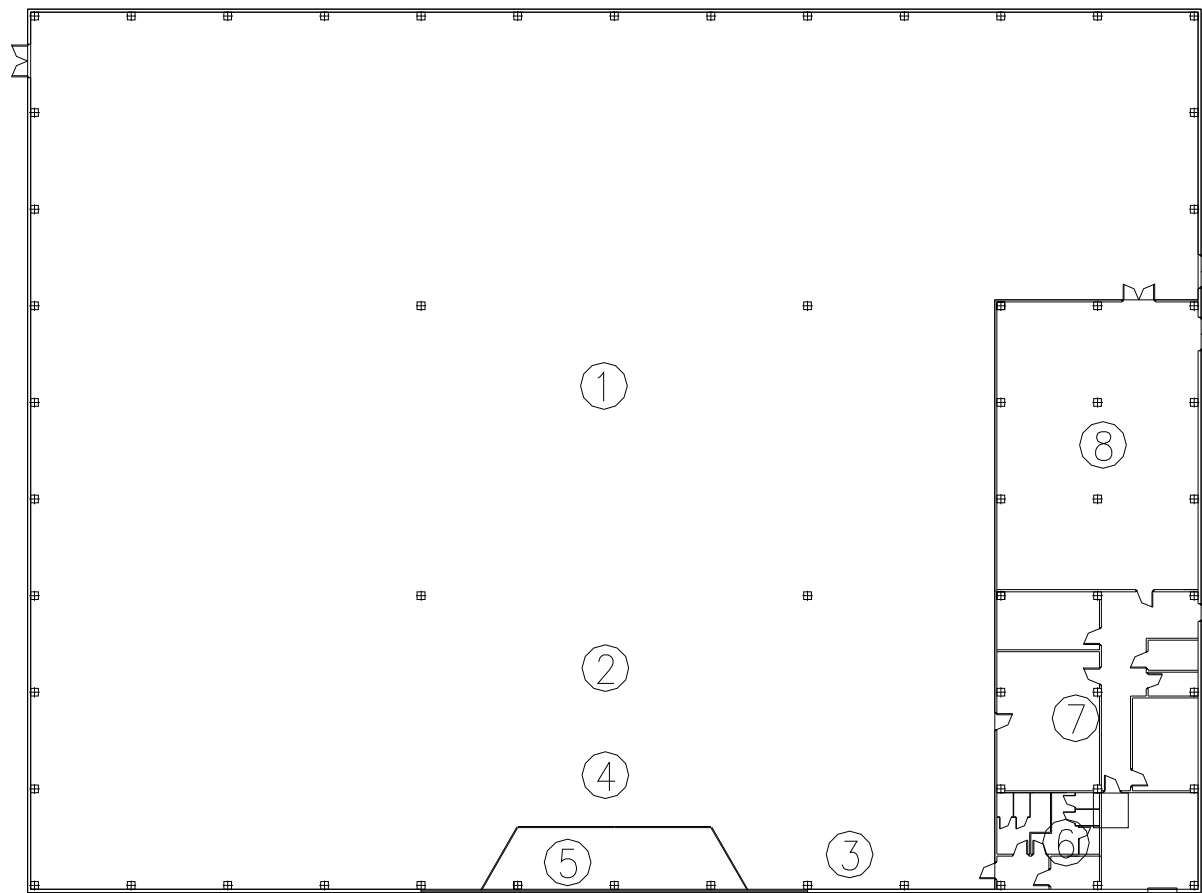
**Nave 3: Dientes de sierra.**

Se supone la nave aislada sin colindancias con ningún otro edificio, aunque con existencia de otras naves cercanas.

A grandes rasgos el edificio está dividido por una zona de ventas donde van a estar, además de una parte de los trabajadores, los usuarios, es decir los clientes, y otra zona propia del personal laboral, como son las oficinas y almacenes.

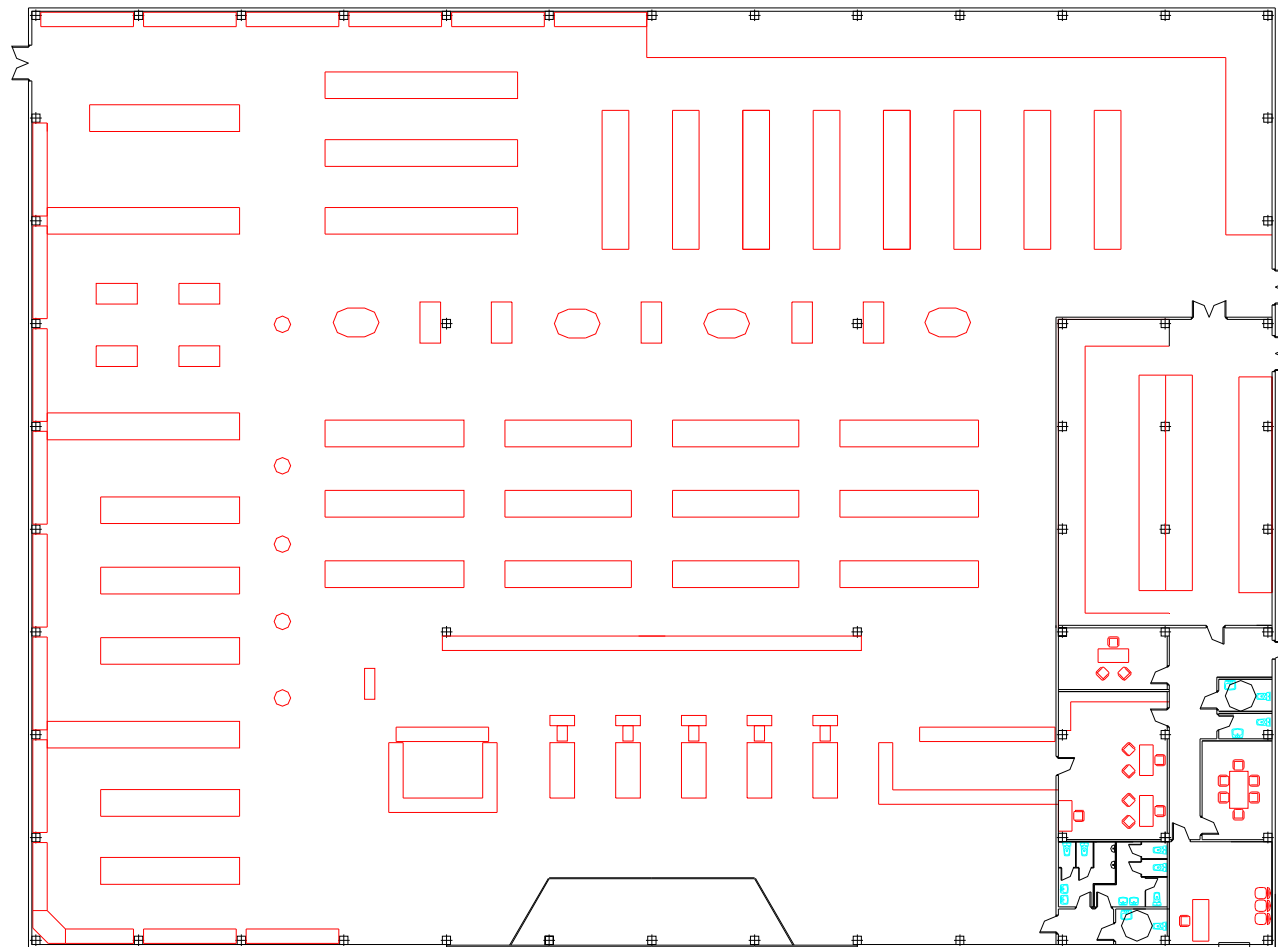
Las superficies de cada una de las zonas son:

- Zona de Venta; 2.446,88 m<sup>2</sup> dividida en:
  - Zona tienda; 1.975,00 m<sup>2</sup>
  - Zona de cajas y atención público; 241,20 m<sup>2</sup>
  - Zona mesa de envolver; 26,10 m<sup>2</sup>
  - Zona entrada salida tienda; 135,64m<sup>2</sup>
  - Zona vestíbulo o hall de acceso; 38,44 m<sup>2</sup>
  - Zona aseos clientes; 30,50 m<sup>2</sup>
- Zona Oficinas; 132,62 m<sup>2</sup>
- Zona Almacén; 154,38 m<sup>2</sup>



- 1 Z. Tienda, sup. 1.975,00 m<sup>2</sup>
- 2 Z. Cajas/Atencion público, sup. 241,20 m<sup>2</sup>
- 3 Z. Mesa Envolver, sup. 26,10 m<sup>2</sup>
- 4 Z. Entrada/Salida tienda, sup. 135,64 m<sup>2</sup>
- 5 Z. Hall de acceso, sup. 38,44 m<sup>2</sup>
- 6 Z. aseos clientes, sup. 30,50 m<sup>2</sup>
- 7 Z. oficina, sup. 132,62 m<sup>2</sup>
- 8 Z. Almacén, sup. 154,38 m<sup>2</sup>

**Figura 1. Plano de superficies, elaboración propia.**



**Figura 2. Plano de mobiliario, elaboración propia.**

Para una mejor comparativa en cuanto a eficiencia, las tres naves van a tener el mismo tipo de envolvente, a excepción de la parte de la cubierta donde existen singularidades para cada una de ellas.

A continuación se describen cada uno de los cerramientos de los que se componen las naves.

**Cimentación:**

Está compuesta por dados de hormigón armado H-175, unidos entre sí por medio de una correa perimetral del mismo material.

**Solera:**

Compuesta por terreno natural, geotextil, 15 cm zahorra compactada, lámina polietileno, 15 cm hormigón armado para solera (mallazo electrosoldado + hormigón) y, por último, acabado con pavimento baldosa cerámica.

**Cerramiento vertical exterior:**

Compuesto por placas de hormigón prefabricado de 16 cm de espesor total con poliestireno expandido como aislante térmico en su interior (4/8/4).

**Particiones interiores:**

Fábrica de ladrillo cerámico hueco de 11,5 cm, enfoscado de mortero, enlucido de yeso y pintura o alicatado en caso de locales húmedos.

**Partición horizontal en zona oficinas y almacén, incluyendo aseos clientes:**

Compuesta por chapa metálica y falso techo de lana mineral.

**Cubierta:**

En el caso de la nave 1 está formado por cubierta tipo deck, y en el caso de las naves 2 y 3 la cubierta la forman dos chapas metálicas entre las que se dispone aislante de lana mineral de vidrio.

**Puertas y ventanas:**

- Puertas de entrada: formada por dos puertas correderas, de dimensión total 1,6x3m (0,8 cada hoja), de perfiles de aleación de aluminio 6063 con tratamiento térmico T-5, marco y hoja de sección de 45 mm, con vidrio laminar 3.3.
- Vidrio entrada: los cerramientos acristalados cuentan con carpintería de aluminio de alta calidad y cristales de seguridad tipo STADIP, formado por vidrios de 6+4 mm de espesor, unidos por una materia plástica de butirol de polivinilo.
- Puertas interiores: madera maciza de roble o similar.
- Vidrios interiores: carpintería de aluminio y cristales 4/2/4.

**Claraboyas y lucernarios:**

- Claraboyas para las naves tipo 1 y 2 formadas por zócalo metálico aislado y por una cúpula termo-conformada de policarbonato celular aislante, con reja de seguridad.
- Lucernarios en nave 3, especialmente diseñados para cubierta tipo diente de sierra, formados por panel de policarbonato celular coextruido de 20 mm de espesor.

## 5. NORMAS EMPLEADAS

Las normas consideradas para el dimensionamiento de las estructuras de este proyecto han sido:

Norma de Acciones:

CTE-DB-SE AE, NCSE-02.

Normas de Materiales:

Estructuras de Hormigón: EHE.

Estructuras de Acero: CTE- DB-SE-A.

Eurocódigo 3: UNE-EN 1993-1-1

Eurocódigo 8: UNE-EN 1998-1-1.

En el caso de la instalación lumínica:

Norma UNE EN 12464-1, relativa a la iluminación en lugares de trabajo para interiores.

CTE-DB-HE3, eficiencia energética de las instalaciones de iluminación

Norma UNE EN 15193 eficiencia energética de los edificios, requisitos energéticos para la iluminación.

Para el caso de la instalación de climatización

CTE-DB-HE0 limitación del consumo energético

CTE-DB-HE1 limitación de la demanda energética, DA-DB-HE-1, cálculo de parámetros característicos

CTE-DB-HE2 rendimiento de las instalaciones térmicas, RITE Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificio

## 6. DISEÑO Y CÁLCULO ESTRUCTURAL

Se comienza el presente proyecto con el diseño y cálculo estructural para cada una de las tipologías indicadas:

**Nave 1: Cubierta plana.**

**Nave 2: Pórticos de alma llena.**

**Nave 3: Dientes de sierra.**

En el diseño estructural se tendrá varios aspectos comunes a las tres naves por lo que se diferenciará cuando sea necesario, en cada apartado, de que tipología se trata. Este criterio se seguirá también con las instalaciones de iluminación y climatización.

### 6.1 Condiciones de cimentación.

Al ser el mismo emplazamiento, se va a tener en cuenta las siguientes condiciones en los tres casos:

Arcillas arenosas.

Tensión admisible: 0.2 MPa.

Angulo de rozamiento interno  $\phi = 27^\circ$

Cohesión:  $c = 10$  KPa

No se encuentra el nivel freático.

## 6.2 Materiales empleados.

El hormigón empleado en la obra de las tres naves y los coeficientes de seguridad del hormigón armado, son los que en las siguientes tablas se indican.

Elemento	Hormigón
Limpieza	HL-150/B/20
Zapatas y Vigas de Atado	HA-25/B/20/IIa
Pilares	HA-25/F/20/IIa

*Tabla 1. Tipo de hormigón empleado.*

Situación de proyecto	Hormigón $\gamma_c$	Acero pasivo $\gamma_s$
Persistentes o transitorias	1.5	1.15
Sísmica	1.3	1.0

*Tabla 2. Coeficientes parciales de seguridad del hormigón armado.*

El acero en barras para las armaduras pasivas de esta obra es B-500 SD.

Estructura de acero: Acero en perfiles laminados de cerchas y vigas S-275 JR

Coeficientes parciales de seguridad del acero estructural:

$$\gamma_{M0} = 1.05 \text{ (plastificación del material)}$$

$$\gamma_{M1} = 1.05 \text{ (inestabilidad)}$$

## 6.3 Acciones

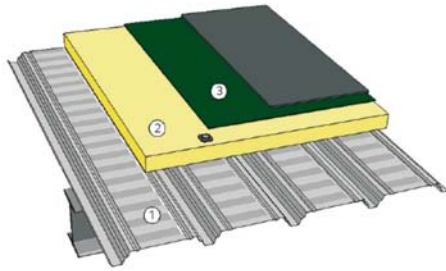
Además del peso propio de la estructura de cada una de las naves, se han considerado los siguientes valores característicos de las acciones:

### 6.3.1 Carga Muerta

#### Carga muerta Nave 1:

Para el caso de la nave 1, se ha diseñado una cubierta tipo deck, siendo la carga muerta consiste en el peso de la cubierta tipo deck utilizada: 0.24 kN/m<sup>2</sup>.



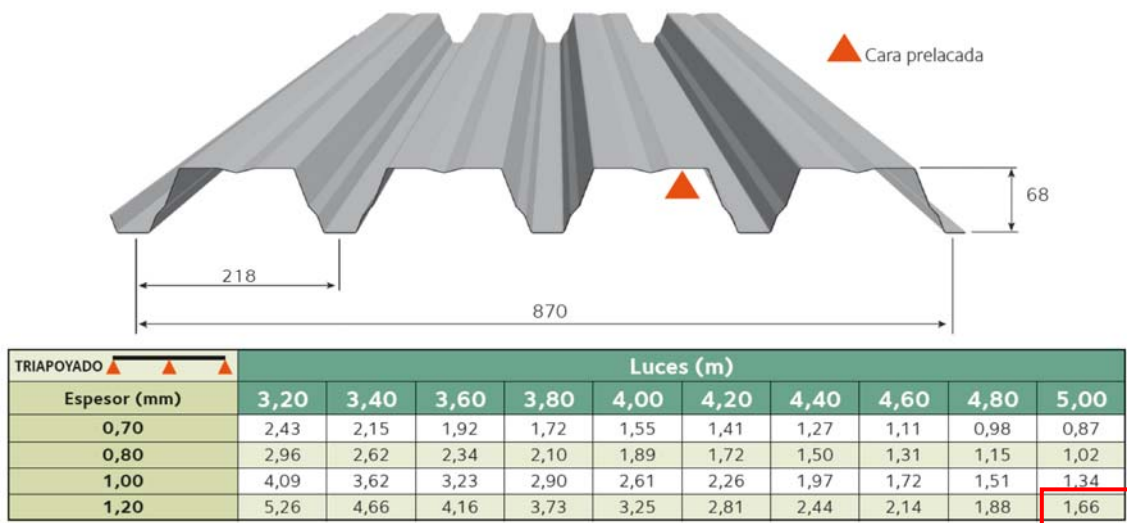
**Descripción del sistema**

1. Perfil Hacierco gama deck
2. Aislamiento
3. Membrana bituminosa multicapas

Sistema	Aislamiento acústico	Absorción acústica	Transmitancia térmica	Factor de temperatura en la superficie	Peso
	Rw (C ; Ctr) dB	$\alpha_w$	U W/(m².K)	f <sub>Rsi</sub>	Kg/m²
IN 210 F	46 (-1 ; -6)	-	0,26	0,97	47
IN 210 E	43 (-2 ; -7)	-	0,36	0,96	38
IN 210 A	40 (-2 ; -7)	-	0,64	0,94	24

**Figura 3. Características cubierta Deck nave 1.**

La cubierta tipo deck elegida puede soportar presiones de 1.66 kN/m² admisibles (flecha menor de L/200) para una luz de 5 m. Las características geométricas de la chapa son las siguientes:



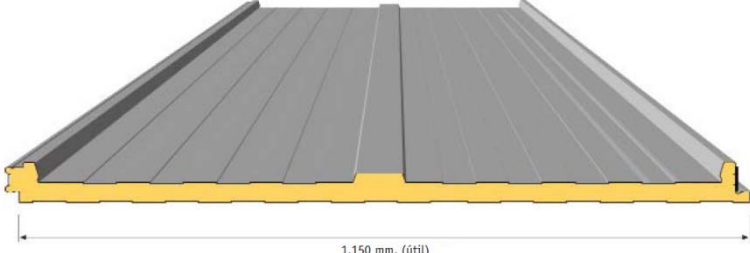
Cargas (kN/m²) admisibles para luz indicada.  $F = L/200$

**Figura 4. Características geométricas chapa para cubierta Deck nave 1.**

Para los otros dos casos, tanto de la nave 2 y la nave 3, la cubierta elegida ha sido la de tipo sándwich diferenciándose entre ellas el grosor del aislamiento elegido.

**Carga muerta Nave 2:**

La carga muerta consiste en el peso de la cubierta tipo panel sándwich de 40 mm de espesor. Su peso es de 0.105 kN/m².



MATERIAL BASE		NORMATIVA
Espesor de acero	0,6 (ext.) / 0,4 (int)	EN 10143
Tipo de protección	Galvanizado	EN 10346
	Galvanizado-Prelacado	EN 10169
Clasificación fuego	B s2 d0 bajo pedido	EN 13501-1
Espesor panel	30/40/50/80 mm	
Prelacado	Matiz colorissime	

DATOS TÉCNICOS			
ESPESOR NOMINAL mm	TÉRMICO W/m² K	MASA Kg/m²	VOLUMEN EMPAQUETADO m²/m³
30	0,68	10,0	22
40	0,53	10,5	18
50	0,43	11,0	15
80	0,27	12,5	10

**Figura 5. Características panel sándwich nave 2.**

El cerramiento de cubierta elegido puede soportar presiones de viento de hasta 1.70 kN/m<sup>2</sup> (de forma que la flecha de dicho cerramiento sea menor de L/200) para una luz de 2.5 m, que es la separación de las correas. Estos paneles tienen una longitud de 5 m y se apoyan en 3 correas.

### **Carga muerta Nave 3:**

La carga muerta consiste en el peso de la cubierta tipo panel sándwich de 80 mm de espesor. Su peso es de 0.125 kN/m<sup>2</sup>.



MATERIAL BASE		NORMATIVA
Espesor de acero	0,6 (ext.) / 0,4 (int)	EN 10143
Tipo de protección	Galvanizado	EN 10346
	Galvanizado-Prelacado	EN 10169
Clasificación fuego	B s2 d0 bajo pedido	EN 13501-1
Espesor panel	30/40/50/80 mm	
Prelacado	Matiz colorissime	

DATOS TÉCNICOS			
ESPESOR NOMINAL mm	TÉRMICO W/m² K	MASA Kg/m²	VOLUMEN EMPAQUETADO m²/m³
30	0,68	10,0	22
40	0,53	10,5	18
50	0,43	11,0	15
80	0,27	12,5	10

**Figura 6. Características panel sándwich nave 3.**

El cerramiento de cubierta elegido puede soportar presiones de viento de hasta 3.0 kN/m<sup>2</sup> (de forma que la flecha de dicho cerramiento sea menor de L/200) para una luz de 2.5 m, que es la separación de las correas. Estos paneles tienen una longitud de 5 m y se apoyan en 3 correas.

### 6.3.2 Sobrecarga de uso

Se toma el valor de 0,4 kN/m<sup>2</sup>, no concomitante con el resto de acciones variables, según la siguiente tabla del CTE, para el caso de cubiertas ligeras sobre correas sólo accesibles para mantenimiento.

Categoría de uso		Subcategorías de uso		Carga uniforme [kN/m <sup>2</sup> ]	Carga concentrada [kN]
A	Zonas residenciales	A1	Viviendas y zonas de habitaciones en, hospitales y hoteles	2	2
		A2	Trasteros	3	2
B	Zonas administrativas			2	2
C	Zonas de acceso al público (con la excepción de las superficies pertenecientes a las categorías A, B, y D)	C1	Zonas con mesas y sillas	3	4
		C2	Zonas con asientos fijos	4	4
		C3	Zonas sin obstáculos que impidan el libre movimiento de las personas como vestíbulos de edificios públicos, administrativos, hoteles; salas de exposición en museos; etc.	5	4
		C4	Zonas destinadas a gimnasio u actividades físicas	5	7
		C5	Zonas de aglomeración (salas de conciertos, estadios, etc)	5	4
D	Zonas comerciales	D1	Locales comerciales	5	4
		D2	Supermercados, hipermercados o grandes superficies	5	7
E	Zonas de tráfico y de aparcamiento para vehículos ligeros (peso total < 30 kN)			2	20 <sup>(1)</sup>
F	Cubiertas transitables accesibles sólo privadamente <sup>(2)</sup>			1	2
G	Cubiertas accesibles únicamente para conservación <sup>(3)</sup>	G1 <sup>(7)</sup>	Cubiertas con inclinación inferior a 20°	1 <sup>(4)(8)</sup>	2
			Cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado) <sup>(5)</sup>	0,4 <sup>(4)</sup>	1
		G2	Cubiertas con inclinación superior a 40°	0	2

Tabla 3. Valores característicos sobrecargas de uso, tabla 3.1 CTE-DB-SE-AE

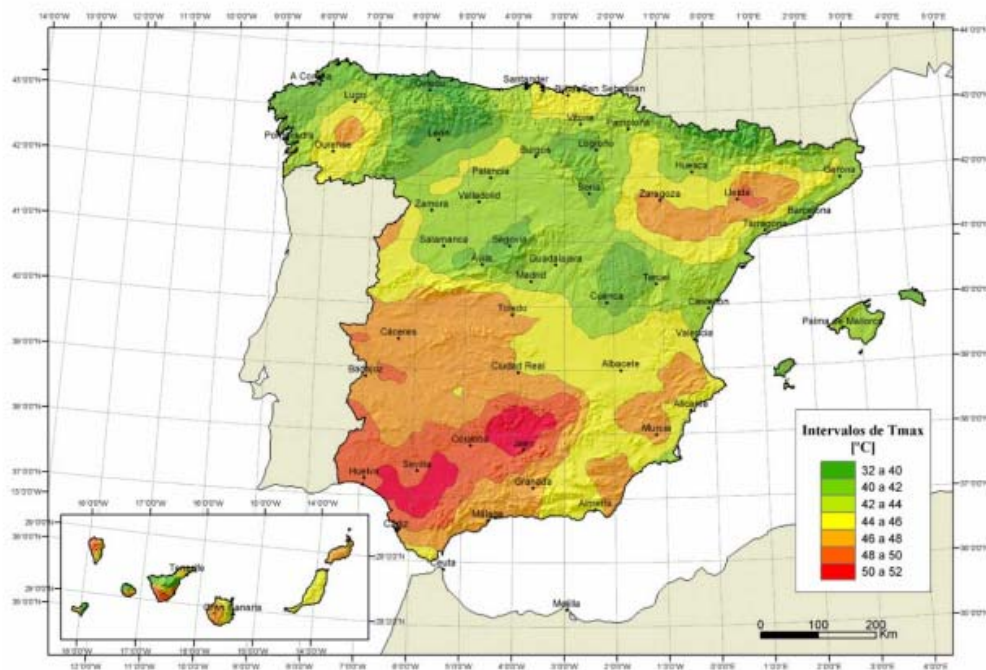
### 6.3.3 Temperatura

Hipótesis 1:  $+\Delta T = 34^\circ$

Hipótesis 2:  $\Delta T = -16^\circ$

Para la determinación de estas acciones se ha tenido en cuenta:

- Temperatura máxima del aire en Cartagena 44 grados centígrados

Figura 7. Isotermas de la  $T^a(^{\circ}C)$  anual máxima del aire, figura E.1 CTE DB AE-AE

- Temperatura mínima del aire en Cartagena 6 grados centígrados (Fig. E.2. CTE DB AE-AE)



**Figura 8. Zonas climáticas de invierno, figura E.2 CTE DB AE-AE**

Altitud (m)	Zona de clima invernal, (según figura E.2)						
	1	2	3	4	5	6	7
0	-7	-11	-11	-6	-5	-6	6
200	-10	-13	-12	-8	-8	-8	5
400	-12	-15	-14	-10	-11	-9	3
600	-15	-16	-15	-12	-14	-11	2
800	-18	-18	-17	-14	-17	-13	0
1.000	-20	-20	-19	-16	-20	-14	-2
1.200	-23	-21	-20	-18	-23	-16	-3
1.400	-26	-23	-22	-20	-26	-17	-5
1.600	-28	-25	-23	-22	-29	-19	-7
1.800	-31	-26	-25	-24	-32	-21	-8
2.000	-33	-28	-27	-26	-35	-22	-10

**Tabla 4.  $T_a(^{\circ}C)$  mínima del aire exterior, tabla E.1 CTE DB AE-AE**

- Temperatura durante la construcción de la estructura 10 grados centígrados.

### 6.3.4 Nieve

Dado que cada cubierta tiene distinta forma y pendiente, se va a considerar distintas cargas por nieve para cada una de ellas según se indica a continuación.

Para todos los casos sí que coincidirá el valor de sobrecarga de nieve ( $s_k$ ), ya que es en función del emplazamiento. Este dato nos lo da la Tabla E.2 del Anejo E. CTE DB SE AE, que para una zona climática 6 en invierno, tal y como hemos visto en el mapa de la figura anterior (fig. 8), es de un valor de 0,2 kN/m<sup>2</sup>.

Altitud (m)	Zona de clima invernal, (según figura E.2)						
	1	2	3	4	5	6	7
0	0,3	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
200	0,5	0,5	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2
400	0,6	0,6	0,2	0,3	0,4	0,2	0,2
500	0,7	0,7	0,3	0,4	0,4	0,3	0,2
600	0,9	0,9	0,3	0,5	0,5	0,4	0,2
700	1,0	1,0	0,4	0,6	0,6	0,5	0,2
800	1,2	1,1	0,5	0,8	0,7	0,7	0,2
900	1,4	1,3	0,6	1,0	0,8	0,9	0,2
1.000	1,7	1,5	0,7	1,2	0,9	1,2	0,2
1.200	2,3	2,0	1,1	1,9	1,3	2,0	0,2
1.400	3,2	2,6	1,7	3,0	1,8	3,3	0,2
1.600	4,3	3,5	2,6	4,6	2,5	5,5	0,2
1.800	-	4,6	4,0	-	-	9,3	0,2
2.200	-	8,0	-	-	-	-	-

Tabla 5. Sobrecarga de nieve en terreno horizontal, tabla E.2 CTE DB SE-AE

### **Nieve Nave 1:**

La carga de nieve por unidad de superficie para la nave 1 de cubierta plana es:

$$q_n = \mu \cdot s_k = 0.2 \text{ kN/m}^2$$

Siendo:

$\mu = 1$ , coeficiente de forma de la cubierta, valor sacado del artículo 3.5.3.3b del CTE DB SE AE, al tener una pendiente menor de 30°.

$s_k = 0.2 \text{ kN/m}^2$ , sobrecarga de nieve.

### **Nieve Naves 2 y 3:**

Tanto para el caso de la nave 2 de pórticos de alma llena, como para la 3 de dientes de sierra, se tiene un mismo coeficiente de forma de la cubierta, y como la sobrecarga de nieve también es la misma, el valor de carga de nieve por unidad de superficie para ambas naves va a ser:

$$q_n = \mu \cdot s_k = 0.4 \text{ kN/m}^2$$

Siendo:

$\mu = 2$ , coeficiente de forma de la cubierta, valor sacado del artículo 3.5.3.3b del CTE DB SE AE, al tener una pendiente mayor de 30°.

$s_k = 0.2 \text{ kN/m}^2$ , sobrecarga de nieve.

## **6.3.5 Viento**

La presión estática del viento  $q_e$  (kN/m<sup>2</sup>) sobre la superficie exterior de la construcción se ha calculado de la siguiente forma

$$q_e = q_b \cdot c_e \cdot c_p$$

Siendo:

$q_b$ , presión dinámica del viento cuyo valor para Cartagena es de 0,45 kN/m<sup>2</sup>, según se indica en el anejo D, punto D1.4, del CTE DB SE AE al encontrarse la nave en zona B.





Figura 9. Valor básico del viento, figura D.1 CTE DB SE-AE

$c_e$ , coeficiente de exposición, que depende de la altura considerada según la tabla 6 siguiente, obtenida del artículo 3.3.3. del CTE-DB-SE-AE, encontrándonos en un entorno tipo industrial.

Grado de aspereza del entorno	Altura del punto considerado (m)							
	3	6	9	12	15	18	24	30
I Borde del mar o de un lago, con una superficie de agua en la dirección del viento de al menos 5 km de longitud	2,4	2,7	3,0	3,1	3,3	3,4	3,5	3,7
II Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia	2,1	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,3	3,5
III Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como árboles o construcciones pequeñas	1,6	2,0	2,3	2,5	2,6	2,7	2,9	3,1
IV Zona urbana en general, industrial o forestal	1,3	1,4	1,7	1,9	2,1	2,2	2,4	2,6
V Centro de negocio de grandes ciudades, con profusión de edificios en altura	1,2	1,2	1,2	1,4	1,5	1,6	1,9	2,0

Tabla 6. Valores del coeficiente de exposición, tabla 3.4 CTE DB SE-AE

$c_p$ , es el coeficiente de presión, que depende de la forma y orientación de la superficie respecto al viento, por lo que también, al igual que el de exposición, va a ser distinto según la nave que se trate.

En cada una de las construcciones solamente se ha contemplado valores del coeficiente eólico de presión exterior. Se ha supuesto que no existen huecos en el cerramiento de la construcción por tratarse de un local climatizado. Un sistema de doble puerta evita el hueco en la fachada principal.

#### Viento Nave 1:

En este caso para una altura considerada de  $z=12$  m, el coeficiente de exposición  $c_e$ , tiene un valor de 1.9.

En las siguientes figuras y tablas se indica los valores adoptados para el coeficiente de presión exterior  $C_{pe}$  en cerramientos y cubierta para la nave 1.

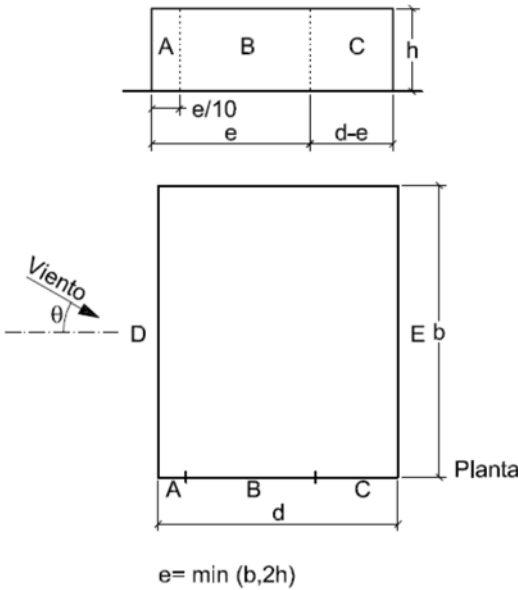


Figura 10. Áreas de presión exterior en paramentos verticales nave 1.

A (m <sup>2</sup> )	h/d	Zona (según figura), $-45^\circ < \theta < 45^\circ$				
		A	B	C	D	E
$\geq 10$	5	-1,2	-0,8	-0,5	0,8	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	$\leq 0,25$	"	"	"	0,7	-0,3

Tabla 7. Coeficiente de presión exterior en paramentos verticales del cerramiento nave 1.

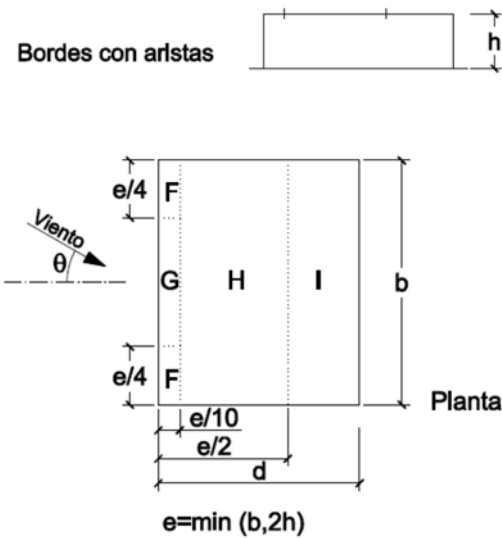


Figura 11. Áreas de presión exterior en cubierta plana nave 1.

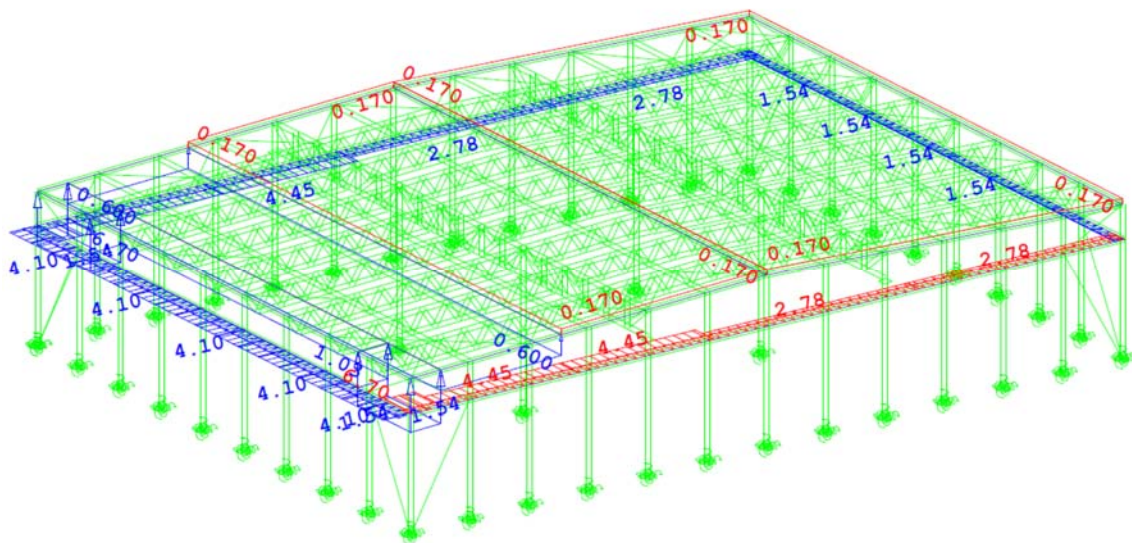


A (m <sup>2</sup> )	Zona (según figura), $-45^\circ < \theta < 45^\circ$			
	F	G	H	I
$\geq 10$	-1,8	-1,2	-0,7	0,2
				-0,2

**Tabla 8. Coeficiente de presión exterior en cubierta plana nave 1.**

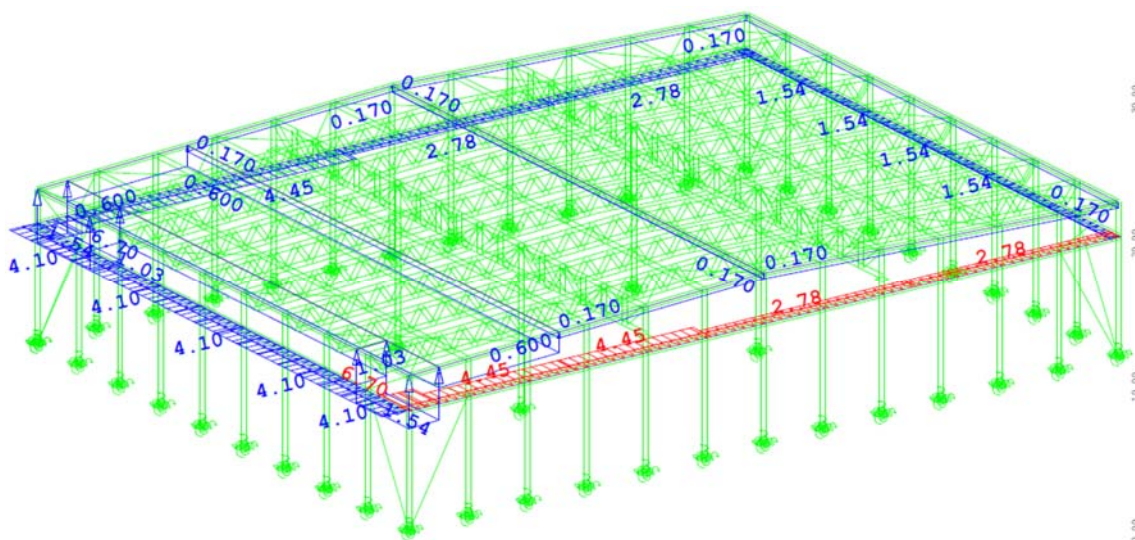
A continuación se recogen las presiones totales de viento en kN/m<sup>2</sup> en cubierta y en kN/m en vigas de apoyo del cerramiento vertical, para cada una de las 8 hipótesis de viento consideradas.

Hipótesis 1: Viento Dir X+ con presión en cubierta



**Figura 12. Resultados Hipótesis viento 1: X+ (con presión en cubierta) nave 1**

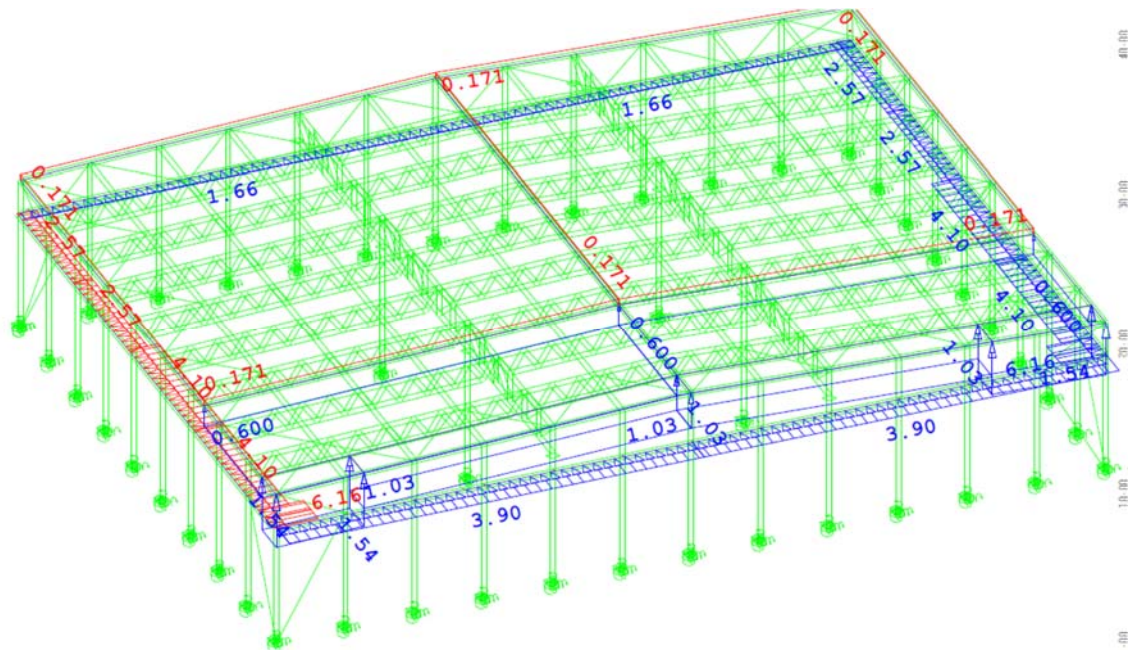
Hipótesis 2: Viento Dir X+ succión en cubierta



**Figura 13. Resultados Hipótesis viento 2: X+ (succión en cubierta) nave 1**

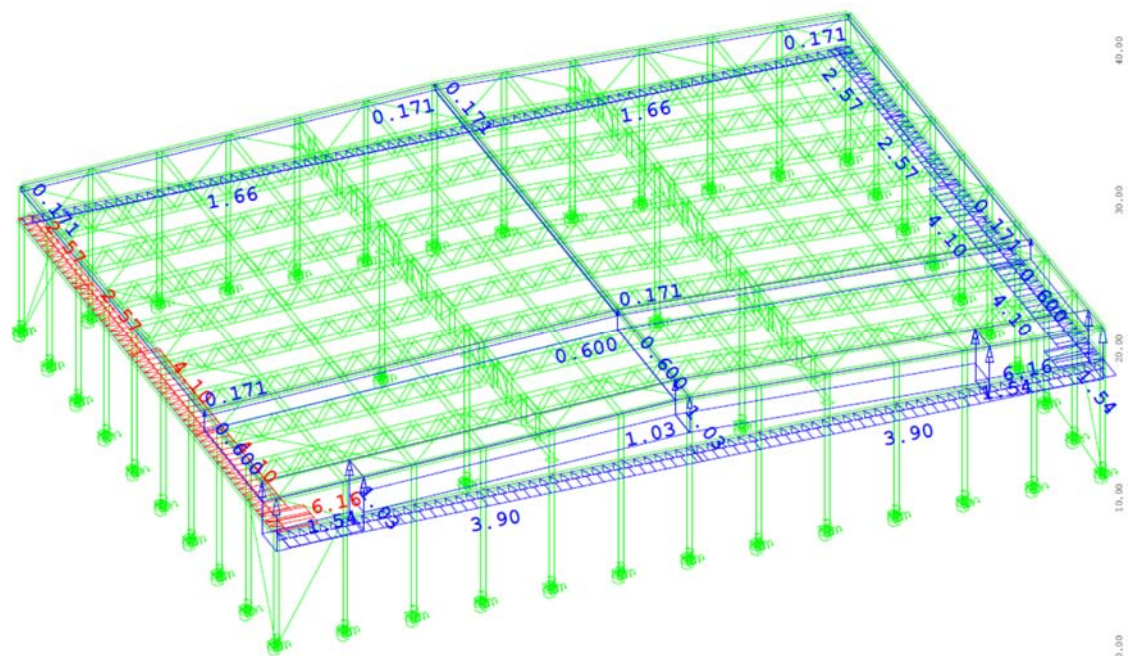
Las hipótesis 3 y 4, son simétricas de la 1 y la 2 respecto al plano de simetría vertical de la construcción ( $x=30$ ) paralelo a las direcciones  $y$  y  $z$ .

Hipótesis 5: Viento Dir Y+ con presión en cubierta



**Figura 14. Resultados Hipótesis viento 5: Y+ (con presión en cubierta) nave 1**

Hipótesis 6: Viento Dir Y+ succión en cubierta



**Figura 15. Resultados Hipótesis viento 6: Y+ (succión en cubierta) nave 1**

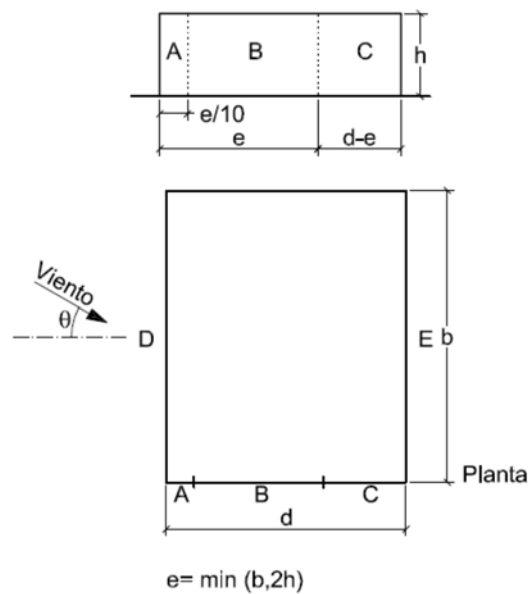
Las hipótesis 7 y 8, son simétricas a las 6 y 7 respecto al plano vertical  $y=37.5$  (paralelo a las direcciones  $x$  y  $z$ )

**Viento Nave 2:**

En este caso para el cálculo de la presión estática del viento  $q_e$  (kN/m<sup>2</sup>), sobre la superficie exterior de la construcción, se vuelve a tener el mismo valor de la presión dinámica del viento de la primera nave,  $q_b = 0.45$  kN/m<sup>2</sup>, pero se tiene un edificio más alto y con una cubierta de forma distinta, por lo que se ha de tomar valores distintos para el coeficiente de exposición y para el de presión:

$c_e$ , para un entorno tipo IV industrial, y para una altura de  $z=15$  m sobre el suelo, según la tabla 6, vale 2.1.

En las siguientes figuras se indica los valores adoptados para el coeficiente de presión exterior  $c_{pe}$  en cerramientos y cubierta.



**Figura 16. Áreas de presión exterior en paramentos verticales nave 2.**

A (m <sup>2</sup> )	h/d	Zona (según figura), $-45^\circ < \theta < 45^\circ$				
		A	B	C	D	E
$\geq 10$	5	-1,2	-0,8	-0,5	0,8	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	$\leq 0,25$	"	"	"	0,7	-0,3

**Tabla 9. Coeficiente de presión exterior en paramentos verticales del cerramiento nave 2**

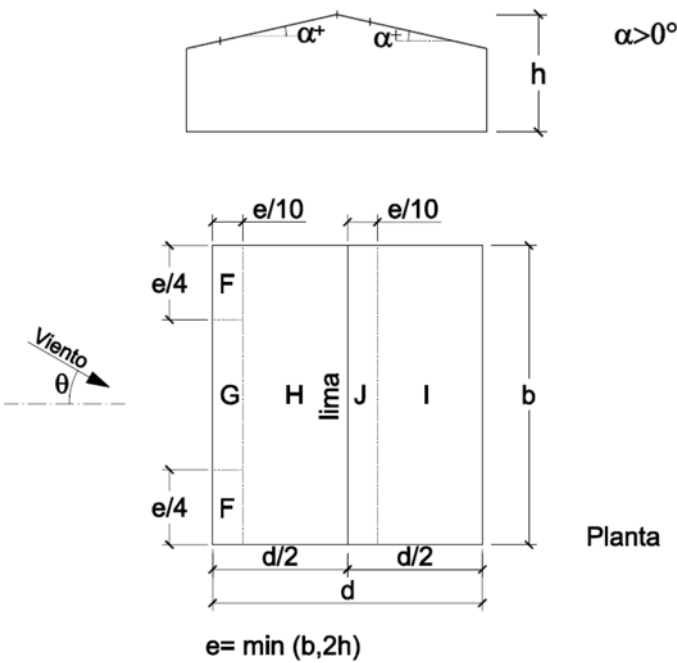


Figura 17. Áreas de presión exterior en cubierta a dos aguas (viento dirección x) nave 2.

Zona (según figura)				
F	G	H	I	J
-0,9	-0,8	-0,3	-0,4	-1
0,2	0,2	0,2	+0,0	+0,0

Tabla 10. Coeficiente de presión exterior en cubierta a dos aguas (viento dirección x) nave 2

Los coeficientes de presión exterior en cubierta descritos hasta hora son válidos para una cubierta a dos aguas. En el caso de la presente estructura se trata de una cubierta múltiple a dos aguas. En este caso los coeficientes de presión exterior en la cubierta (descritos) se reducen como se indica en la siguiente figura:

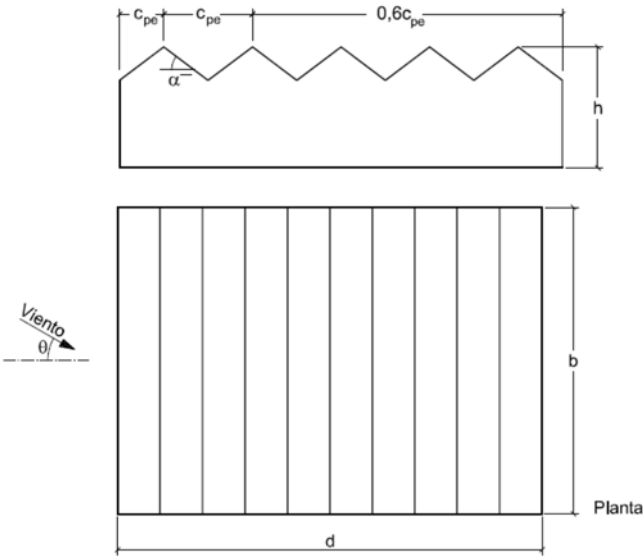
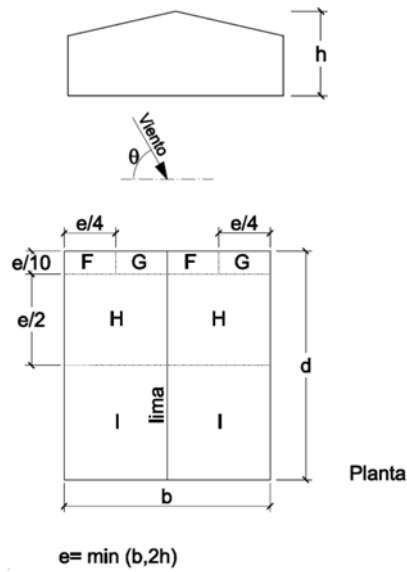


Figura 18. Coeficientes de presión exterior en cubierta reducidos (viento dirección x) nave 2.



Cuando el viento actúa en dirección Y, los coeficientes de presión valen:



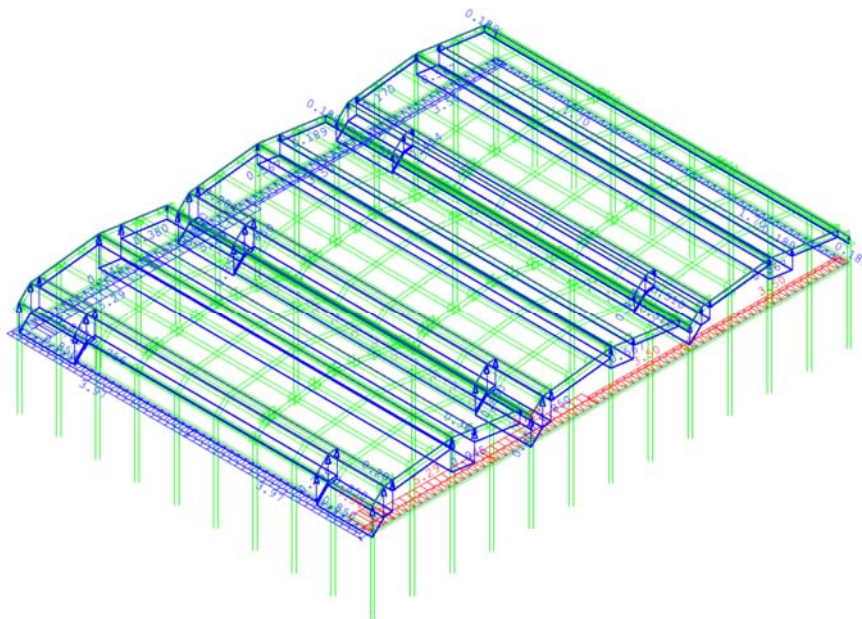
**Figura 19.** Áreas de presión exterior en cubierta a dos aguas (viento dirección y) nave 2.

Zonas según figura anterior.			
F	G	H	I
-1,3	-1,3	-0,6	-0,5

**Tabla 11.** Coeficiente de presión exterior en cubierta a dos aguas (viento dirección y) nave 2.

A continuación se recogen las presiones totales de viento en kN/m<sup>2</sup> en cubierta y en kN/m en vigas de apoyo del cerramiento vertical para cada una de las hipótesis de viento consideradas. Las cargas superficiales de presión de viento indicadas en las siguientes figuras se repartirán por metro lineal de correa en función del área tributaria de estas.

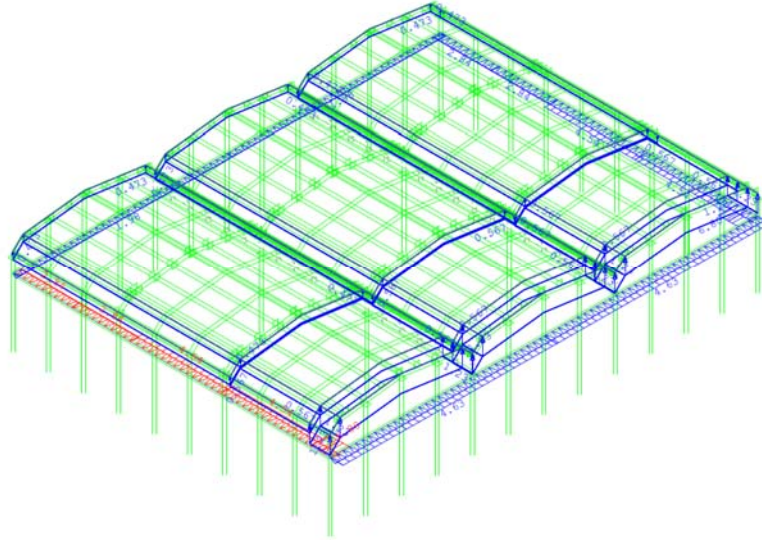
Hipótesis 1: Viento Dir X+ con succión en cubierta



**Figura 20. Resultados Hipótesis viento 1: X+ (con succión en cubierta) nave 2**

Hipótesis 2: Viento Dir X- succión en cubierta. Es simétrica a la hipótesis 1 respecto al plano vertical paralelo a la dirección y que pasa por el centro del edificio.

Hipótesis 3: Viento Dir Y+ con succión en cubierta:



**Figura 21. Resultados Hipótesis viento 3: Y+ (con succión en cubierta) nave 2**

Hipótesis 4: Viento Dir Y+ succión en cubierta. Es simétrica a la hipótesis 1 respecto al plano vertical paralelo a la dirección x que pasa por el centro del edificio.

### **Viento Nave 3:**

De igual forma para el caso de la nave 3 se consideran otros coeficientes de exposición y de presión, manteniendo el mismo valor de la presión dinámica del viento para Cartagena (0.45 kN/m<sup>2</sup>) .

$c_e$  , para un entorno tipo IV industrial, y para una altura de  $z=13.5$  m sobre el suelo, según la tabla 6, vale 2.0.

En las siguientes figuras se indica los valores adoptados para el coeficiente de presión exterior  $c_{pe}$  en cerramientos y cubierta.

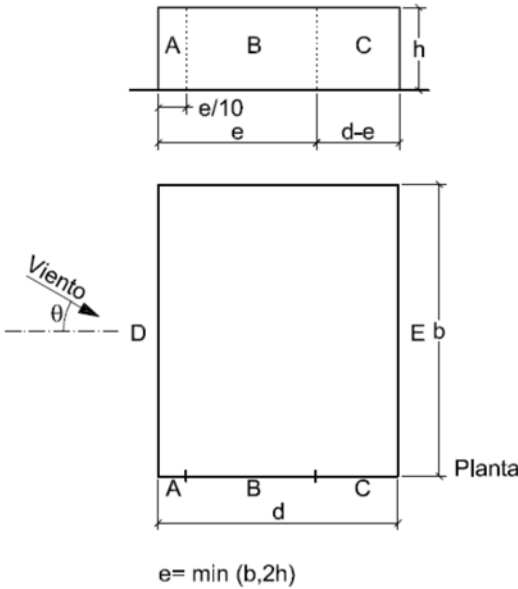


Figura 22. Áreas de presión exterior en paramentos verticales nave 3.

A (m <sup>2</sup> )	h/d	Zona (según figura), $-45^\circ < \theta < 45^\circ$				
		A	B	C	D	E
$\geq 10$	5	-1,2	-0,8	-0,5	0,8	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	$\leq 0,25$	"	"		0,7	-0,3

Tabla 12. Coeficiente de presión exterior en paramentos verticales del cerramiento nave 3.

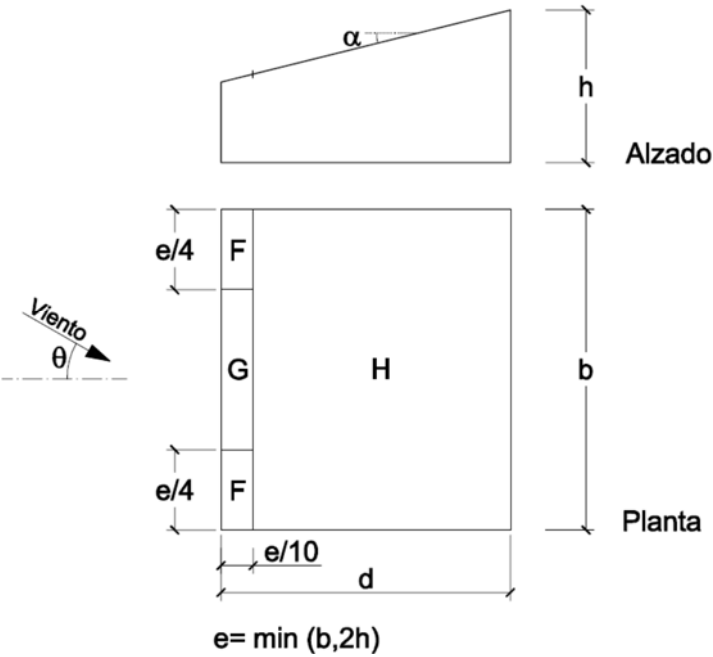


Figura 23. Áreas de presión exterior en cubierta a un agua (viento en dirección Y+) nave 3.

Zona (según figura), $-45^\circ < \theta < 45^\circ$		
F	G	H
-0,9	-0,8	-0,3
0,2	0,2	0,2

Tabla 13. Coeficiente de presión exterior en cubierta a un agua (viento dirección Y+) nave 3.

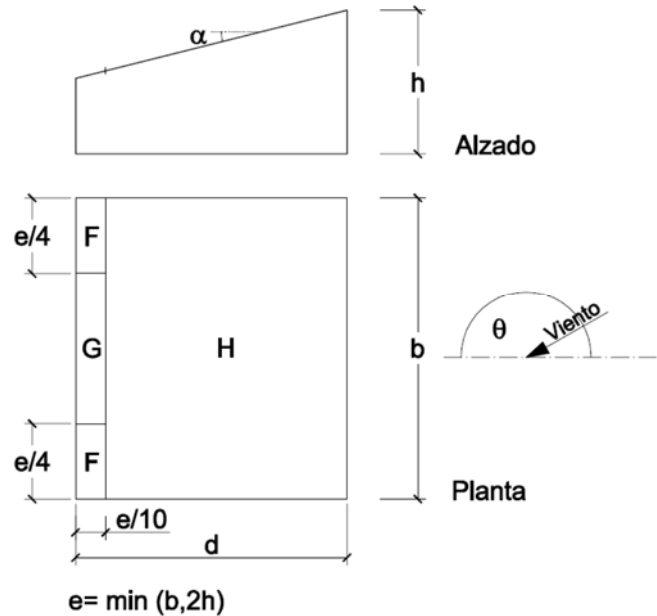


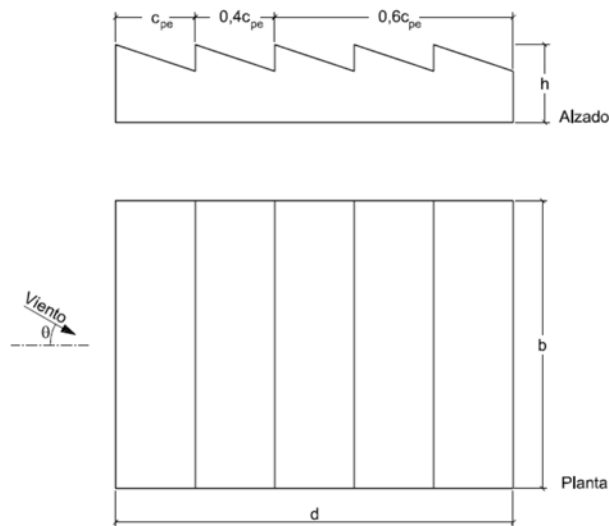
Figura 24. Áreas de presión exterior en cubierta a un agua (viento en dirección Y-) nave 3.

Zona (según figura), $-45^\circ < \theta < 45^\circ$		
F	G	H
-2,5	-1,3	-0,9

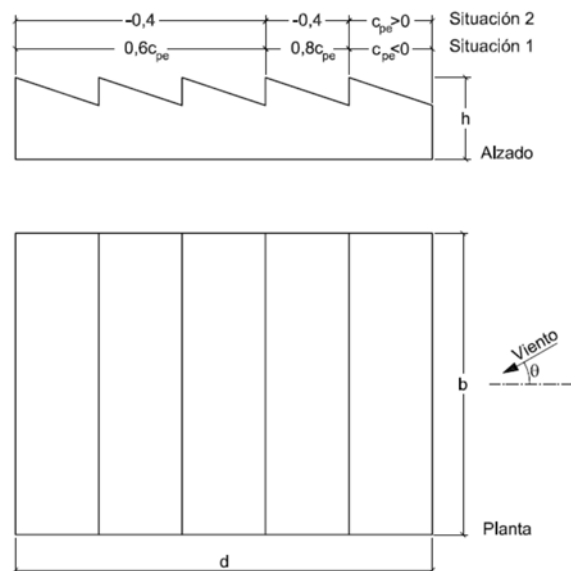
Tabla 14. Coeficiente de presión exterior en cubierta a un agua (viento dirección Y-) nave 3.

Los coeficientes de presión exterior en cubierta descritos hasta hora son válidos para una cubierta a dos aguas. En el caso de la presente estructura se trata de una cubierta múltiple a dos aguas. En este caso los coeficientes de presión exterior en la cubierta (descritos) se reducen como se indica en las siguientes figuras:





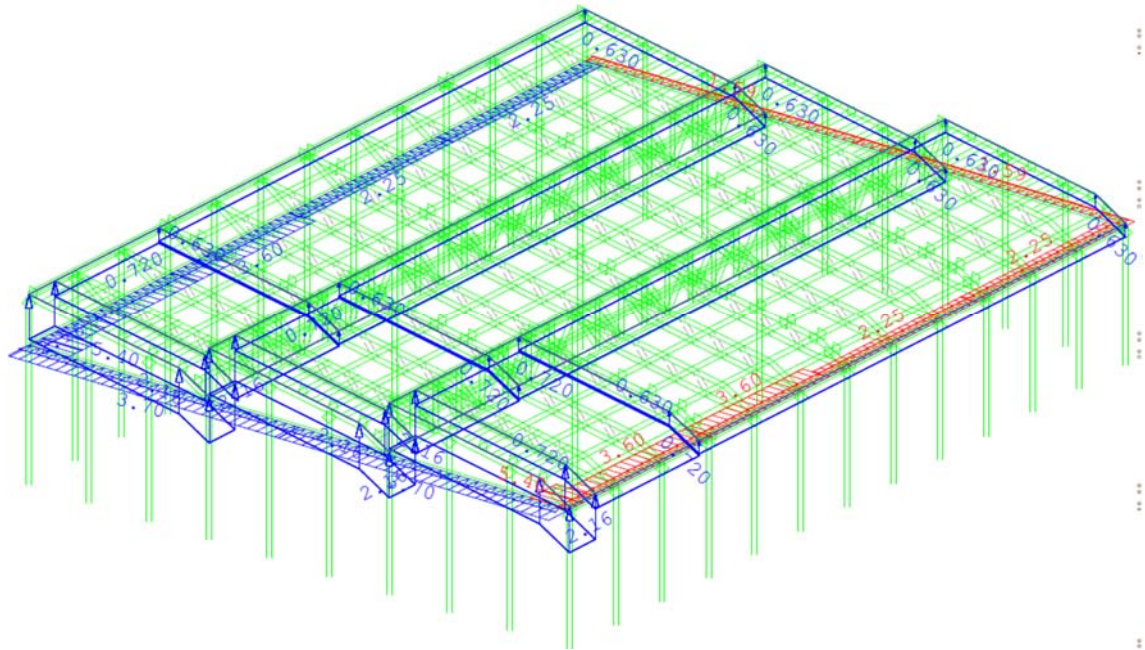
**Figura 25. Coeficientes de presión exterior en cubierta reducidos (viento dirección Y+) nave 3.**



**Figura 26. Coeficientes de presión exterior en cubierta reducidos (viento dirección Y-) nave 3.**

A continuación se recogen las presiones totales de viento en  $\text{kN/m}^2$  en cubierta y en  $\text{kN/m}$  en vigas de apoyo del cerramiento vertical para cada una de las hipótesis de viento consideradas. Las cargas superficiales de presión de viento indicadas en las siguientes figuras se repartirán por metro lineal de correa en función del área tributaria de estas.

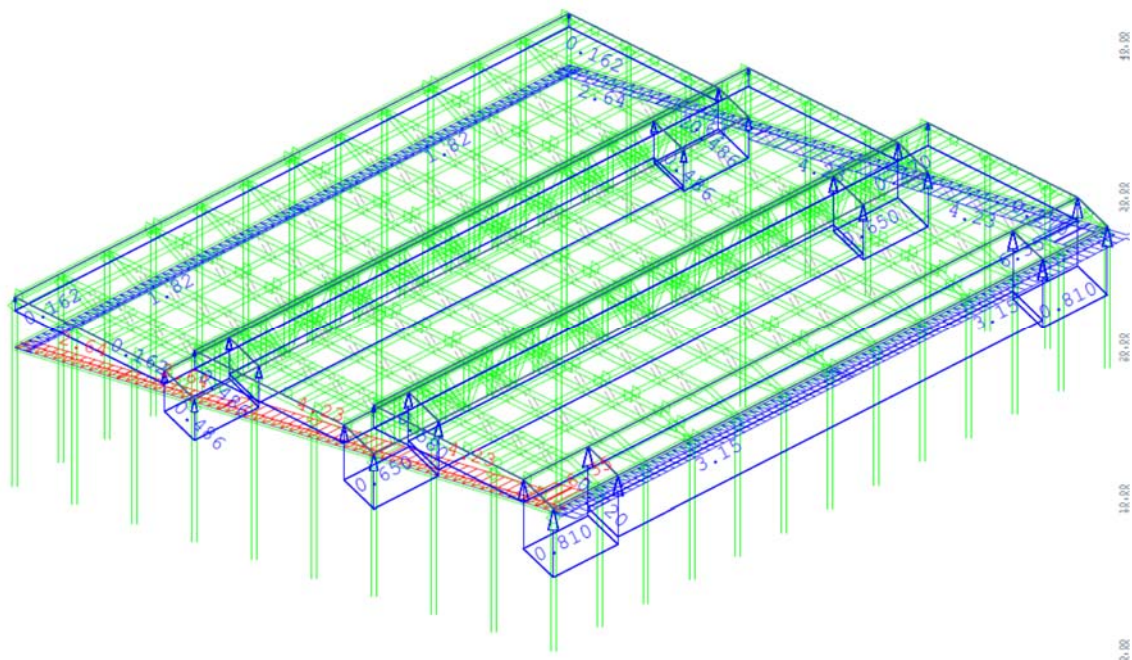
Hipótesis 1: Viento Dir X+ con succión en cubierta



**Figura 27. Resultados Hipótesis viento 1: X+ (con succión en cubierta) nave 3**

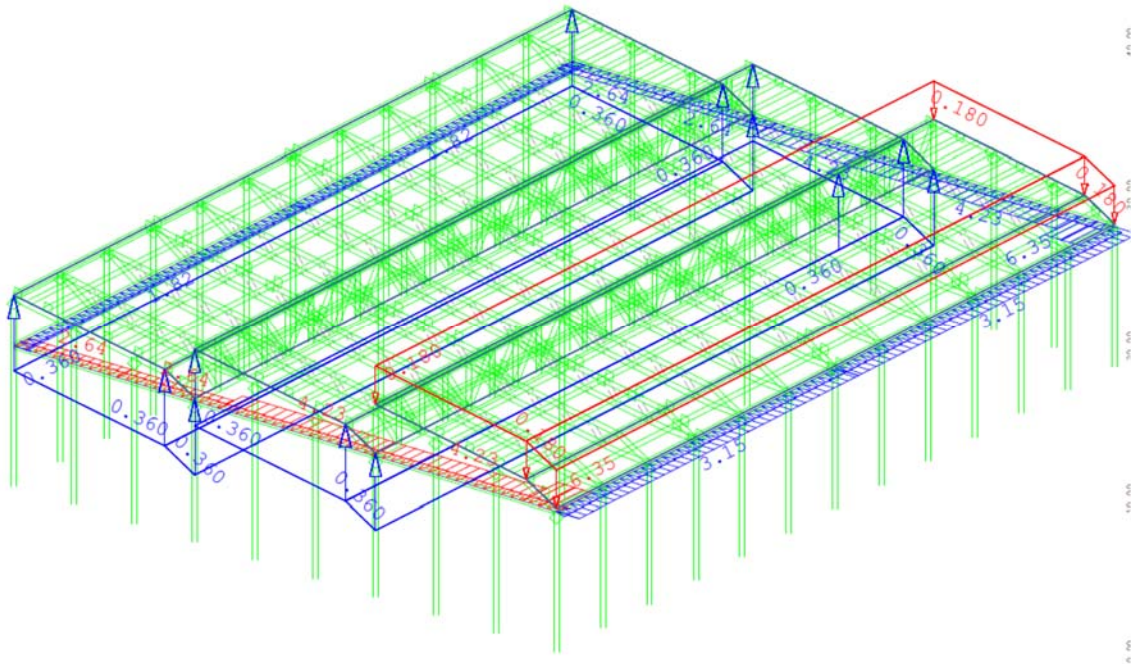
**Hipótesis 2:** Viento Dir X- succión en cubierta. Es simétrica a la hipótesis 1 respecto al plano vertical paralelo a la dirección y que pasa por el centro del edificio.

Hipótesis 3: Viento Dir Y+ con succión en cubierta:



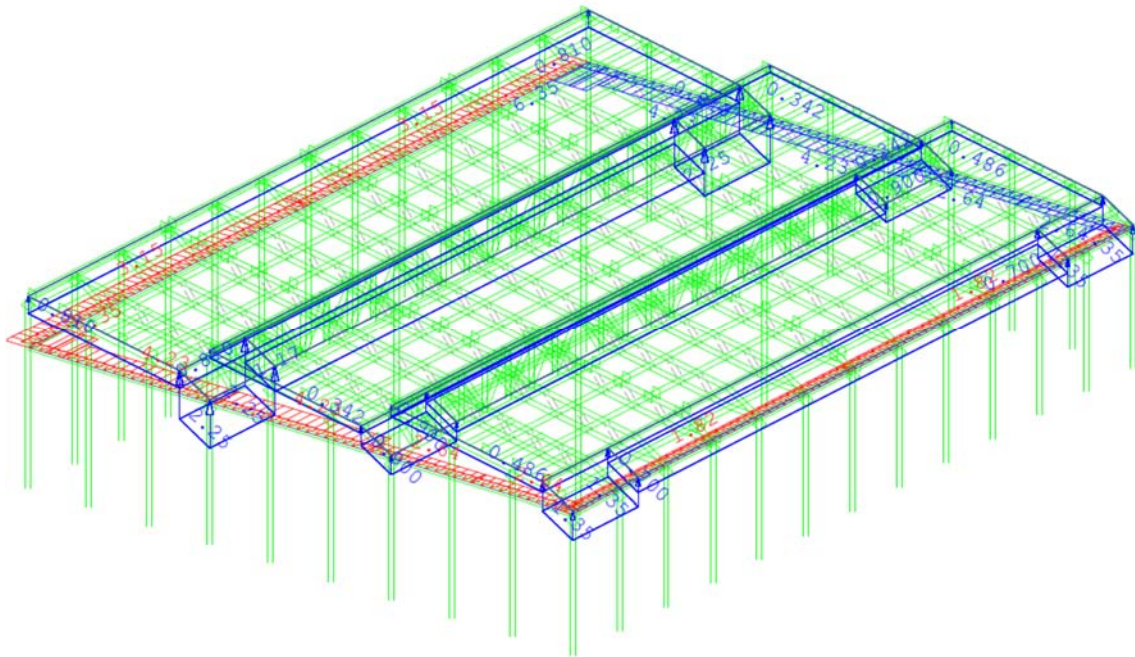
**Figura 28. Resultados Hipótesis viento 3: Y+ (con succión en cubierta) nave 3**

Hipótesis 4: Viento Dir Y+ con presión en parte de la cubierta.



**Figura 29. Hipótesis viento 3: Y+ (con presión en parte de la cubierta) nave 3**

Hipótesis 5: Viento Dir Y- con succión en cubierta.



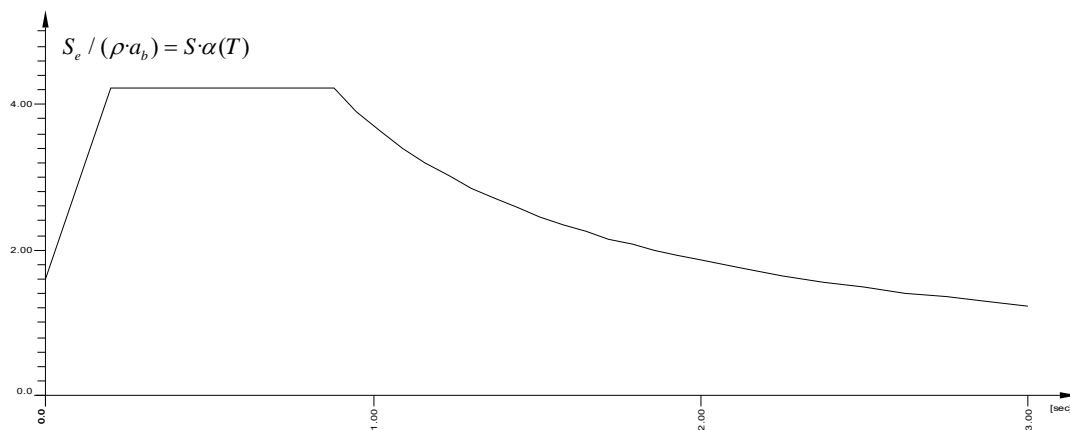
**Figura 30. Hipótesis viento 5: Y- (con succión en parte de la cubierta) nave 3**

### 6.3.6 Sismo

Las características del sismo considerado para todos los diseños, se detallan a continuación.

- Norma de Construcción Sismorresistente NCSE-02
- Acción sísmica según X
- Acción sísmica según Y
- Provincia: MURCIA Término: CARTAGENA
- Coef. Contribución K = 1.00
- Coeficiente de riesgo:  $\rho = 1.0$  (Construcción de importancia normal)
- Aceleración sísmica básica:  $A_b/g = 0.07$
- Coeficiente de suelo: C = 2 (Terreno tipo IV arcillas blandas)
- Coeficiente de amplificación del terreno S=1.6.
- Parte de sobrecarga a considerar: 0.00 (no concomitante)
- Amortiguamiento: 4 %
- Ductilidad de la estructura:  $\mu = 1.00$  Sin ductilidad
- Número de modos: 10.
- Criterio de armado a aplicar por ductilidad: Ninguno

El espectro elástico de respuesta de la estructura  $S_e$  se representa en la siguiente figura.



**Figura 31. Espectro elástico de respuesta de la estructura.**

El espectro de respuesta del cálculo  $S_d$  (o espectro de respuesta dúctil) coincide con el espectro de respuesta elástica por haber considerado ductilidad  $\mu = 1.00$ .

Se ha considerado una excentricidad accidental de las masas del edificio del 5% de la dimensión en planta del edificio perpendicular a la dirección de la acción sísmica (Art 3.2 de la norma de construcción sismorresistente NCSE-02).

La acción del sismo en cada dirección se ha combinado de la siguiente forma:

Hipótesis de sismo en dirección X: Sismo Dir X + 0.3\* Sismo Dir. Y

Hipótesis de sismo en dirección Y: 0.3\* Sismo Dir X + Sismo Dir Y



## 6.4 Combinación de acciones.

Para las distintas situaciones de proyecto, las combinaciones de acciones se definirán de acuerdo con los siguientes criterios del CTE.

### 6.4.1 Para las comprobaciones de Estados Límites Últimos.

#### Situaciones persistentes y transitorias:

El valor de cálculo de los efectos de las acciones correspondiente a una situación persistente o transitoria, se determina mediante combinaciones de acciones a partir de la expresión:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \Psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

Donde:

$G_k$	Acción permanente
$Q_k$	Acción variable
$\gamma_G$	Coefficiente parcial de seguridad de las acciones permanentes
$\gamma_{Q,1}$	Coefficiente parcial de seguridad de la acción variable principal
$\gamma_{Q,i}$	Coefficiente parcial de seguridad de las acciones variables de acompañamiento
$\Psi_{0,i}$	Coefficiente de combinación de las acciones variables de acompañamiento

#### Situaciones sísmicas:

El valor de cálculo de los efectos de las acciones correspondiente a una situación sísmica se determina mediante combinaciones de acciones a partir de la expresión:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + A_d + \sum_{i > 1} \Psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

Donde:

$A_d$	Acción sísmica de cálculo
$\Psi_{2,i}$	Coefficiente de simultaneidad para obtener valores casi permanentes de las acciones variables ( $\Psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$ )

### 6.4.2 Para verificación de los Estados Límite de Servicio.

Se han calculado los efectos de las acciones para la siguiente combinación de acciones:

#### Característica:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \Psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

#### Casi permanente:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + \sum_{i > 1} \Psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

### 6.4.3 Coeficientes parciales de seguridad de las acciones

Para el cálculo de la resistencia de los elementos estructurales, en la combinación de acciones descritas se han utilizado los siguientes coeficientes parciales de seguridad de las acciones  $\gamma$  de acuerdo con el CTE:

Tipo de acción	Situación persistente o transitoria	
	Favorable	Desfavorable
Peso propio	1.35	0.8
Carga muerta	1.35	0.8
SU cubierta	1.5	0.0
Nieve	1.5	0.0
Temperatura	1.5	0.0
Viento	1.5	0.0

**Tabla 15. Coeficientes parciales de seguridad de las acciones  $\gamma$  CTE.**

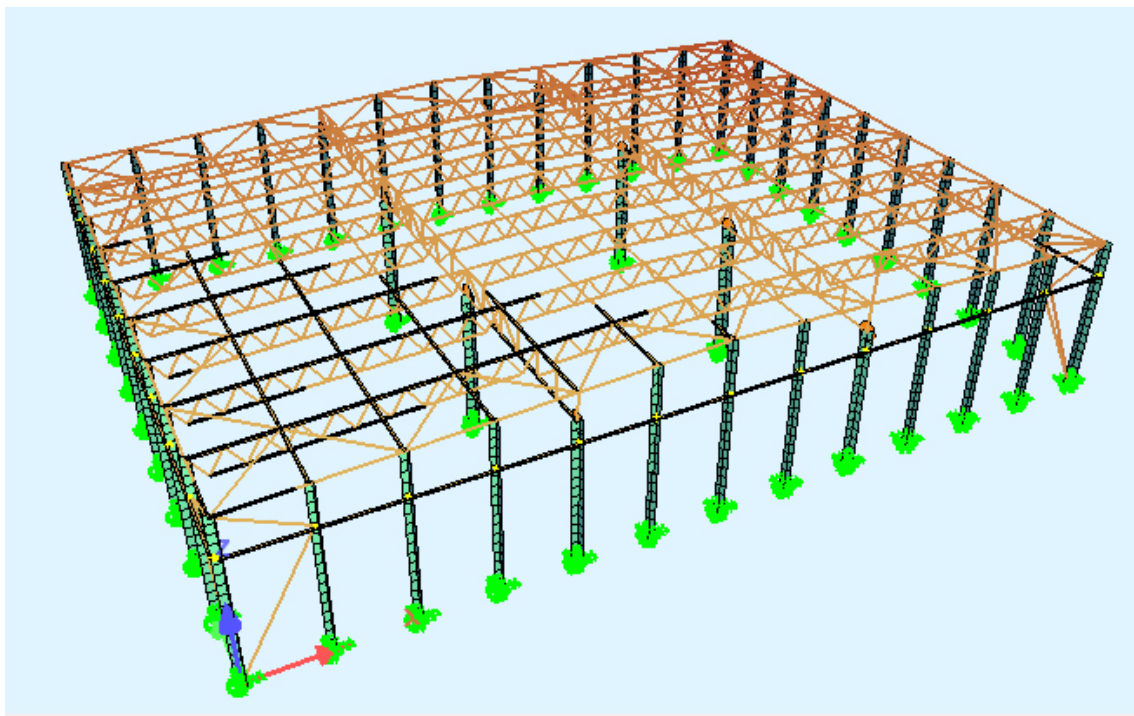
En la combinación de acciones descritas para las comprobaciones de Estados Limite Últimos y de Servicio se han empleado los siguientes coeficientes de simultaneidad de las acciones variables, según el CTE:

	$\Psi_0$	$\Psi_1$	$\Psi_2$
Sobrecarga de uso en cubierta (mantenimiento)	0	0	0
Nieve (altitudes <1000 m)	0.5	0.2	0
Temperatura	0.6	0.5	0
Viento	0.6	0.5	0

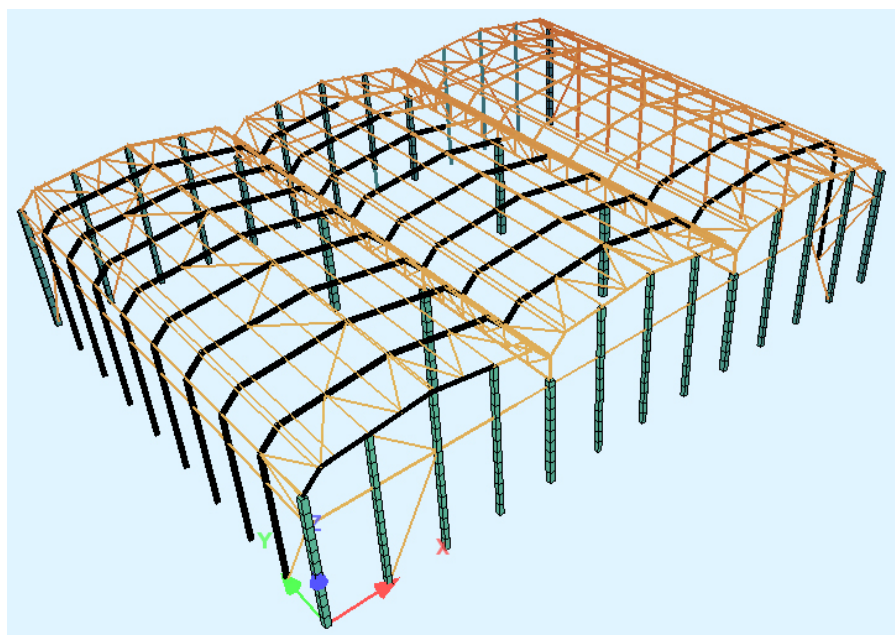
**Tabla 16. Coeficientes de simultaneidad de acciones variables  $\Psi$  CTE.**

## 6.5 Modelo y Análisis Global.

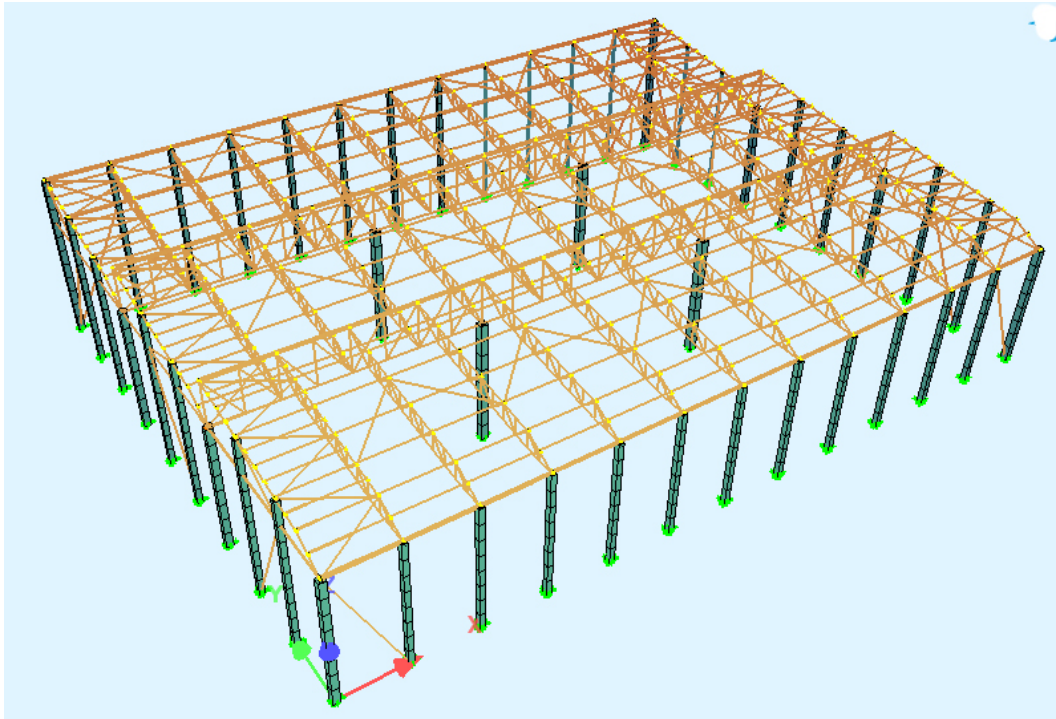
Para el análisis global de la estructura se ha empleado un modelo de elementos finitos tipo barra. Con este modelo se ha realizado un análisis lineal de la estructura completa en cada caso.



*Figura 32. Modelo de elementos finitos de la estructura Nave 1*



*Figura 33. Modelo de elementos finitos de la estructura Nave 2*



*Figura 34. Modelo de elementos finitos de la estructura Nave 3*

## 6.6 Comprobaciones realizadas.

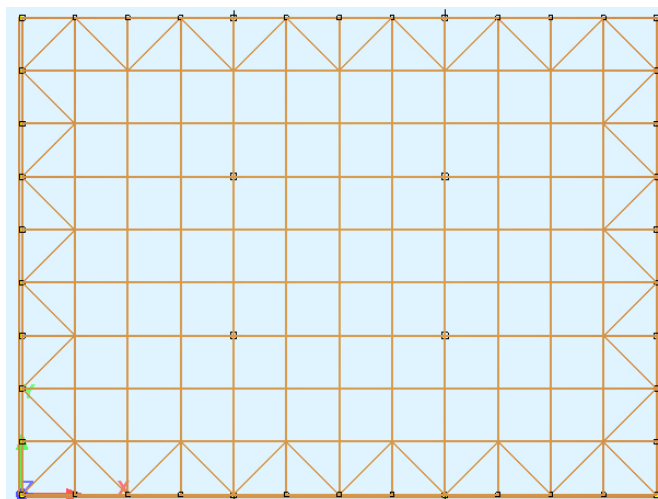
### 6.6.1 Rigidez del sistema de arriostramiento.

Para no duplicar la rigidez lateral de la estructura en el análisis lineal de la misma se han colocado la mitad de las barras del sistema de arriostramiento. Sin embargo, el sistema de arriostramiento a construir incluye las diagonales que faltan para completar las cruces de San Andrés.

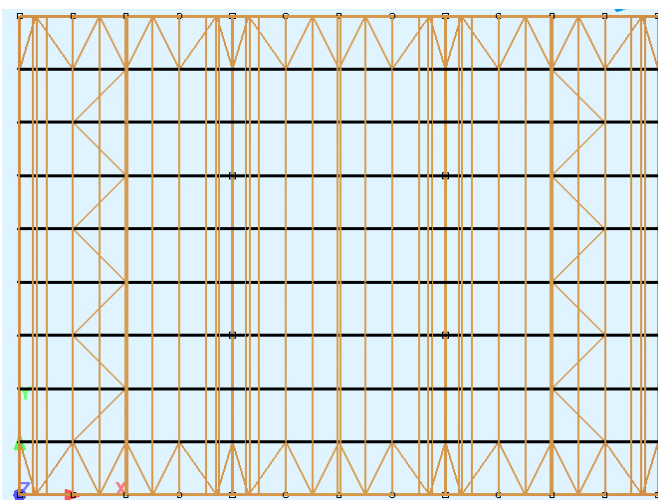
Para este proyecto fin de carrera no se han tenido en cuenta las imperfecciones de los elementos a estabilizar (pilares y dinteles) como cargas equivalentes en el cálculo de los sistemas de arriostramiento como pide el CTE y el EC-3. Sin embargo, se ha comprobado que el sistema de arriostramiento al menos proporciona el 80% de la rigidez de la estructura frente a cargas horizontales. Los desplomes del edificio arriostrado son menores del 20 % de los desplomes del edificio sin arriostrar.

A continuación se muestra la vista en planta de las correas y los arriostramientos de cubierta introducidos en el modelo para cada una de las naves.

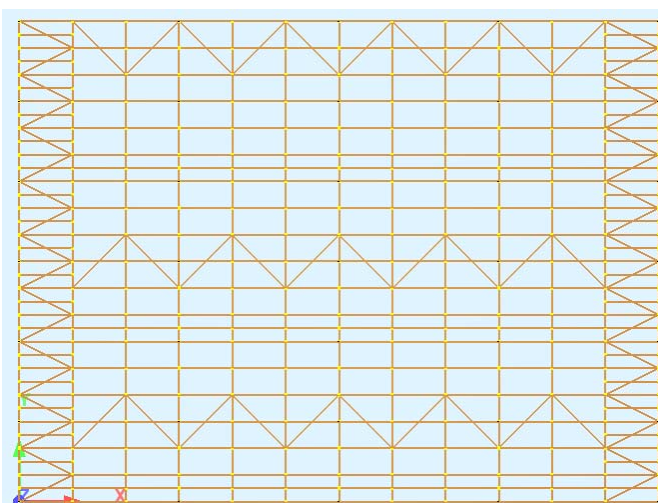




**Figura 35. Plano de la cubierta. Modelo de arriostramiento Nave 1.**



**Figura 36. Plano de la cubierta. Modelo de arriostramiento Nave 2.**



**Figura 37. Plano de la cubierta. Modelo de arriostramiento Nave 3.**

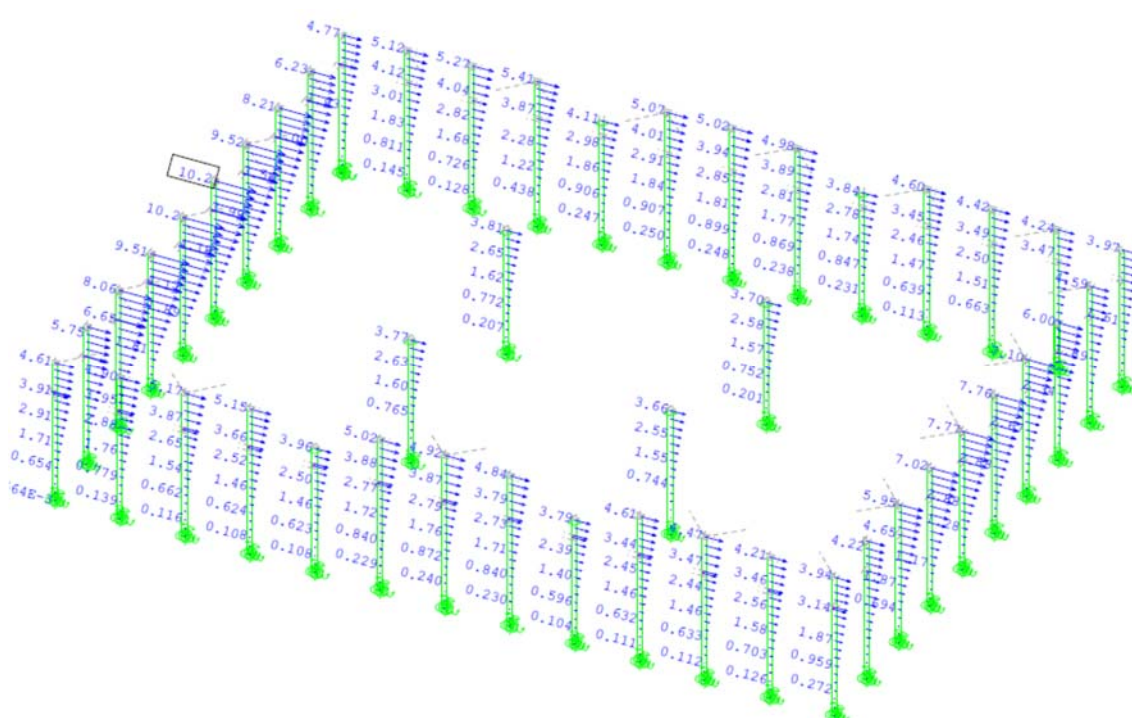
## 6.6.2 Aptitud al servicio.

### 6.6.2.1 Desplazamientos horizontales

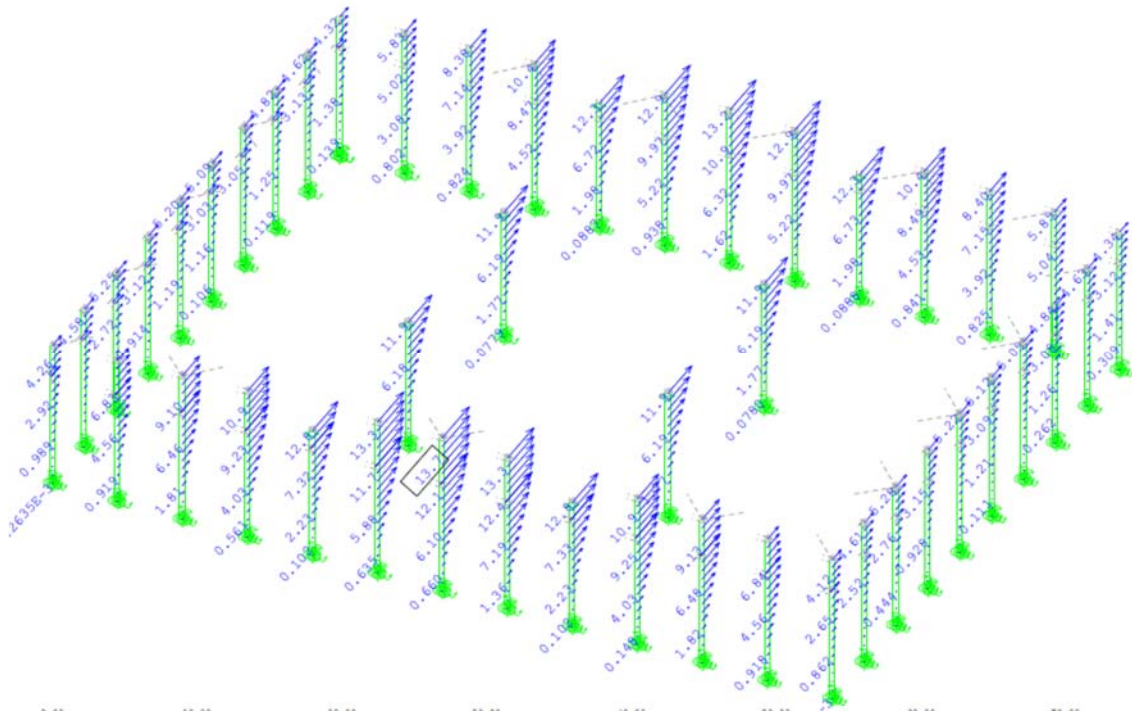
Se ha comprobado que los máximos desplomes relativos del edificio (en dirección x y en dirección y) calculados en cada una de las naves, considerando combinación de acciones características, son menores de **1/500**, cumpliéndose así el artículo 4.3.3.2 del CTE en su documento de seguridad estructural DB-SE sobre los límites aceptados de desplome por seguridad estructural.

En las siguientes figuras se muestran los desplazamientos máximos de los pilares en dirección x e y para cada una de las naves:

#### Desplazamientos horizontales Nave 1:

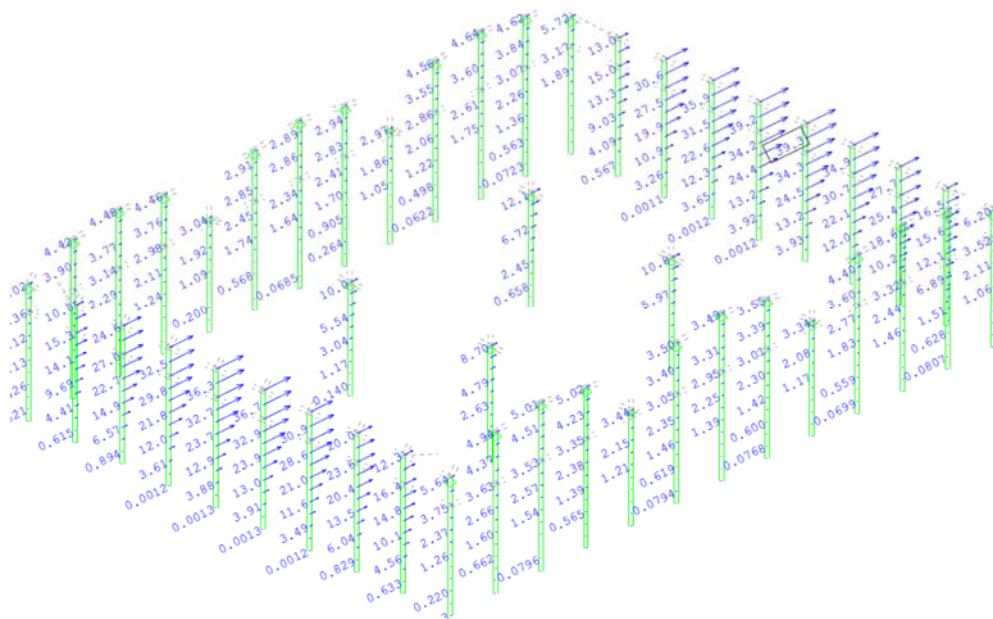


**Figura 38. Desplazamientos horizontales máximos  $U_x$  (mm). Combinación Característica. Nave 1.**



**Figura 39.** Desplazamientos horizontales máximos Uy (mm). Combinación Característica. Nave 1

#### **Desplazamientos horizontales Nave 2:**



**Figura 40.** Desplazamientos horizontales máximos Ux (mm). Combinación Característica. Nave 2

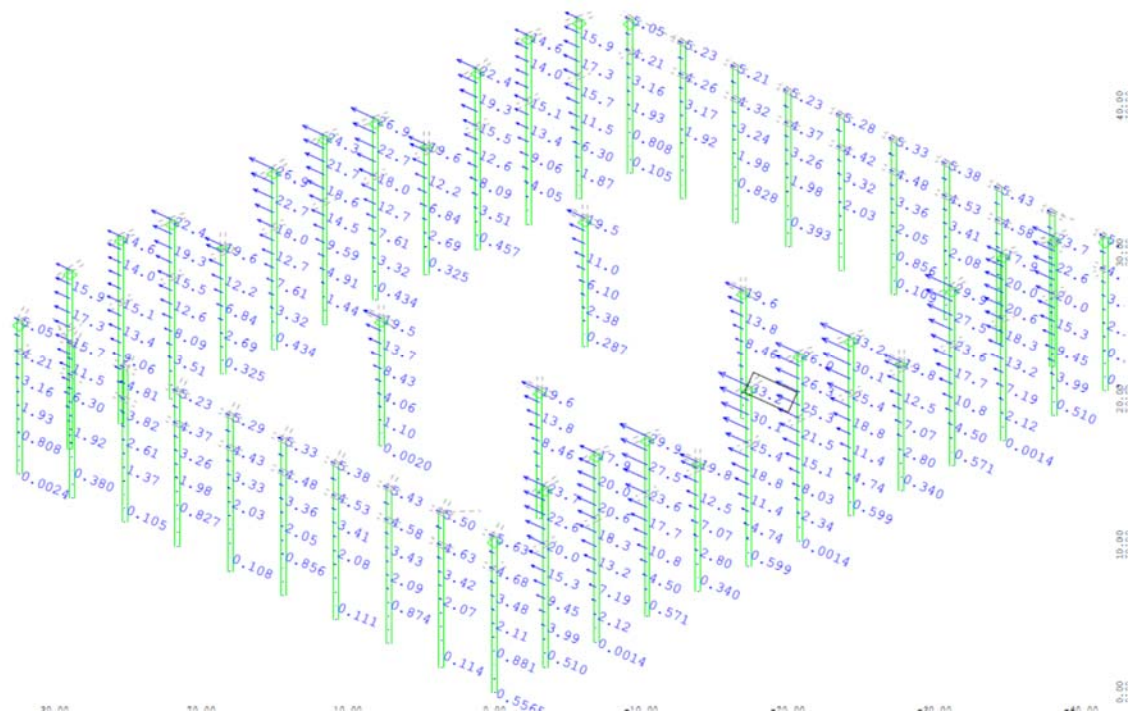


Figura 41. Desplazamientos horizontales máximos  $U_y$  (mm). Combinación Característica. Nave 2

### Desplazamientos horizontales Nave 3:

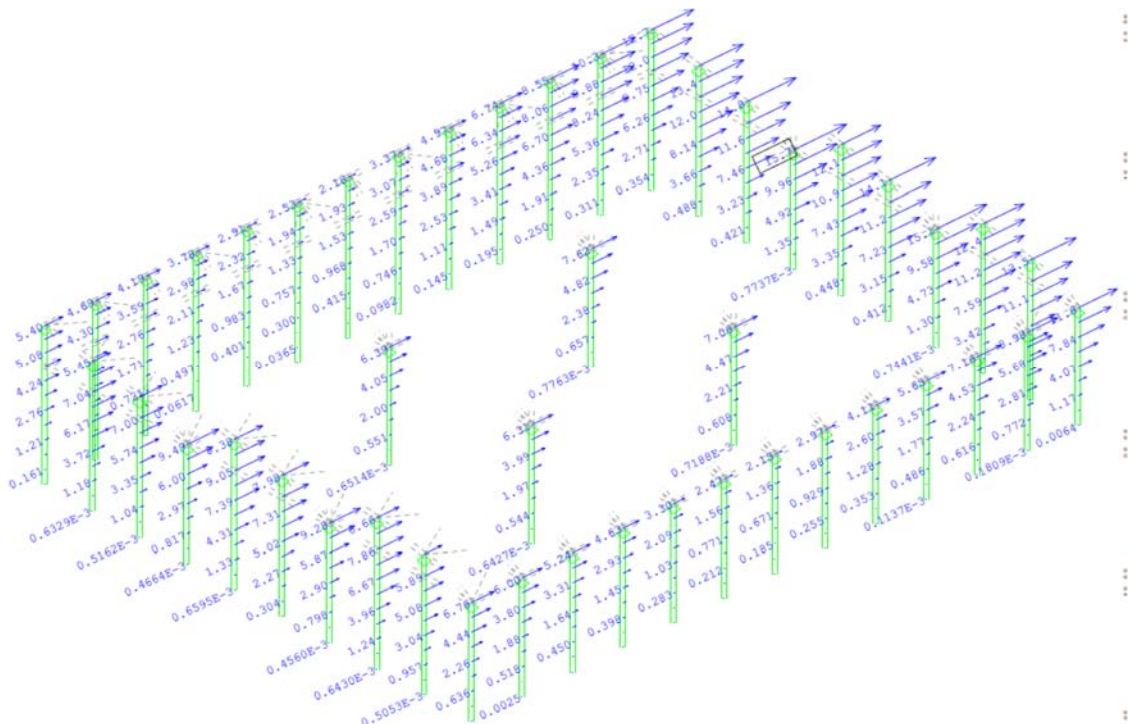
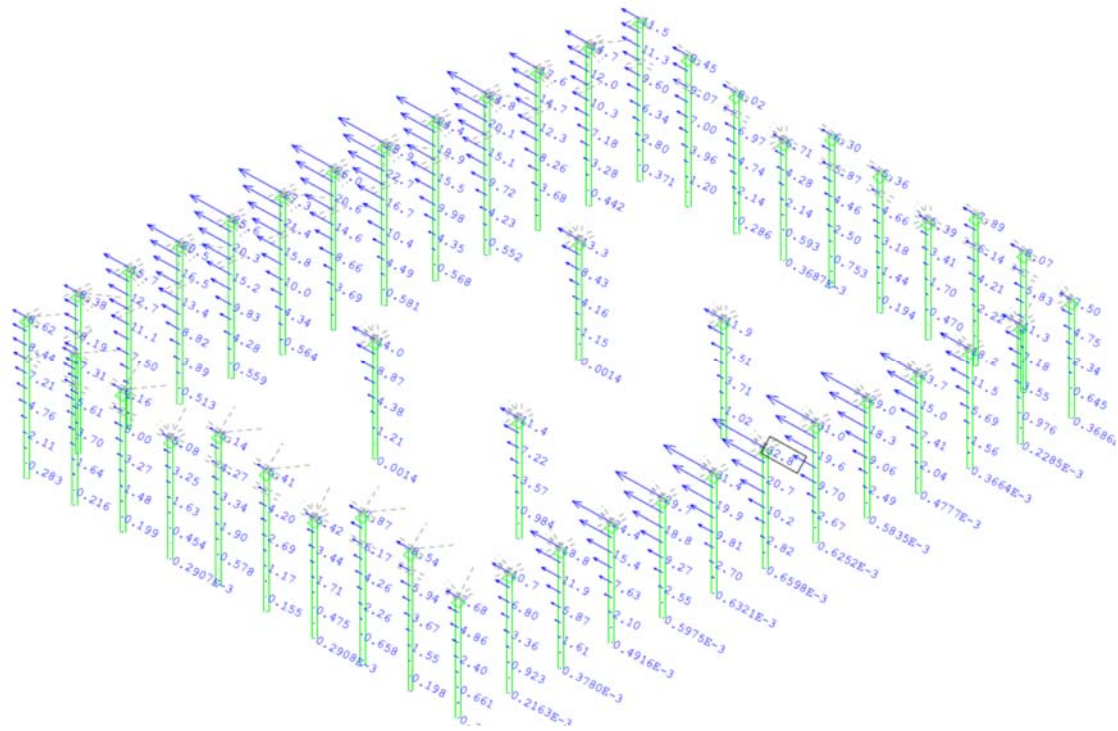


Figura 42. Desplazamientos horizontales máximos  $U_x$  (mm). Combinación Característica. Nave 3.





**Figura 43. Desplazamientos horizontales máximos  $U_y$  (mm). Combinación Característica. Nave 3.**

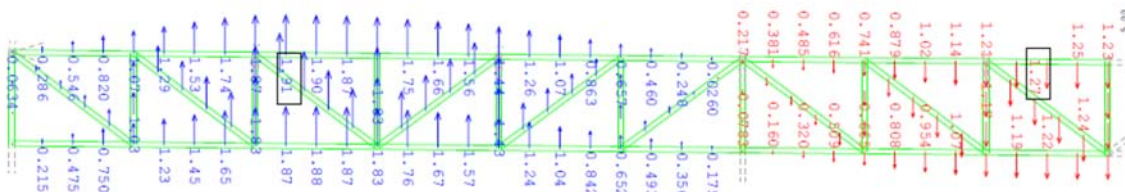
### 6.6.2.2 Flechas

Se ha comprobado, para asegurar la apariencia correcta de la construcción, que bajo cualquier combinación de acciones característica, por lo tanto también bajo cualquier combinación de acciones casi permanente, las flechas relativas producidas en las cerchas son muy inferiores a  $1/300$  cumpliéndose así el artículo 4.3.3.1.1 del CTE en su documento de seguridad estructural DB-SE sobre los valores aceptados de flecha relativa.

Las siguientes figuras recogen deformaciones verticales máximas de las cerchas en combinación de acciones característica, para cada tipo de nave.

#### Flechas Nave 1:

Según el fabricante de la cubierta de la Nave 1 tipo deck empleada y descrita, asegura que para las presiones de viento de este proyecto ( $<1.66 \text{ kN/m}^2$ ) la cubierta no supera las flechas relativas de  $1/200$  para las luces de 5 m.



**Figura 44. Flechas máximas  $U_{z+}$  en mm. Combinación característica. Cercha tipo Pratt. Nave 1.**

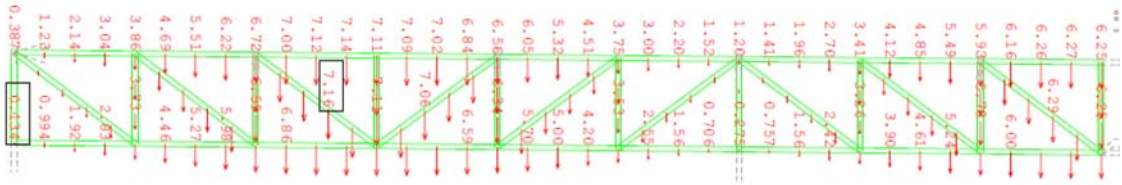


Figura 45. Flechas máximas Uz- en mm. Combinación característica. Cercha tipo Pratt. Nave 1.

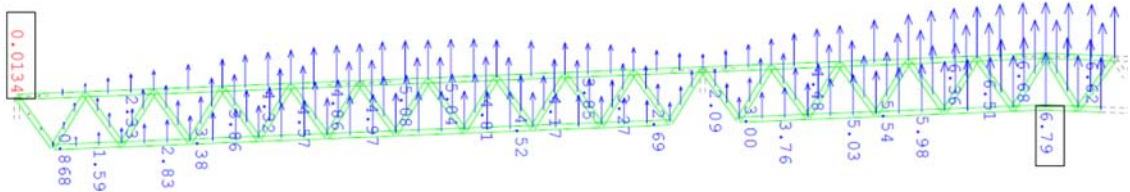


Figura 46. Flechas máximas Uz+ en mm. Combinación característica. Cercha tipo Warren. Nave 1.

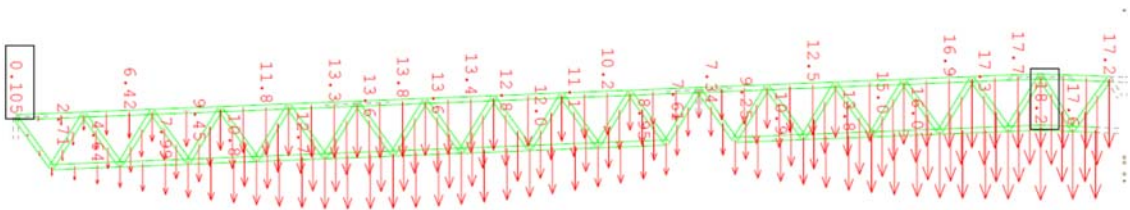


Figura 47. Flechas máximas Uz- en mm. Combinación característica. Cercha tipo Warren. Nave 1.

## Flechas Nave 2:

En el caso de la nave 2, según fabricante de la cubierta descrita, asegura que para las presiones de viento en cubierta de este proyecto ( $<1.70 \text{ kN/m}^2$ ) los paneles sándwich no superan las flechas relativas de  $1/200$  para las luces de estos paneles de la cubierta 2.5 m (que es la separación entre correas).

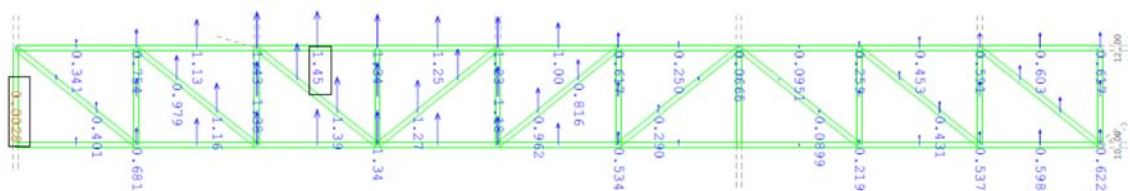


Figura 48. Flechas máximas Uz+ en mm. Combinación característica. Cercha tipo Pratt. Nave 2.

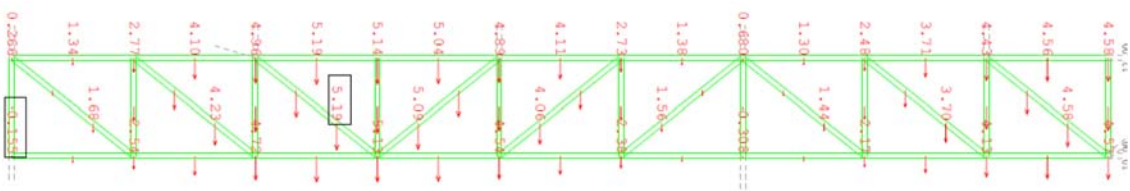
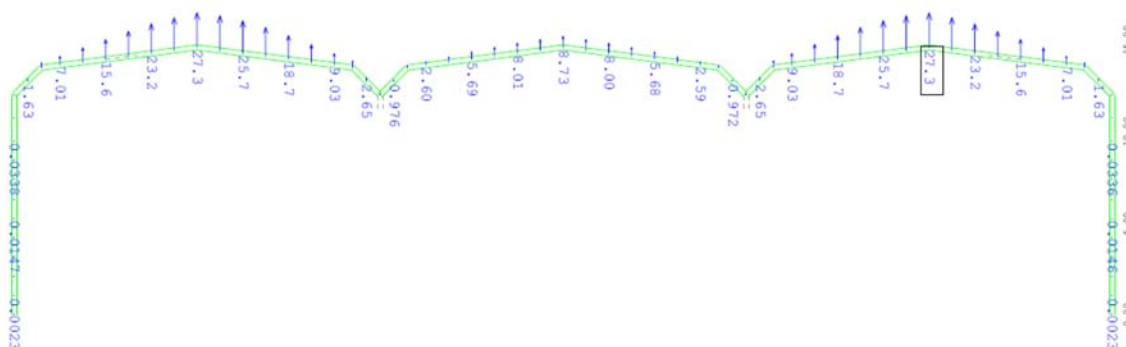
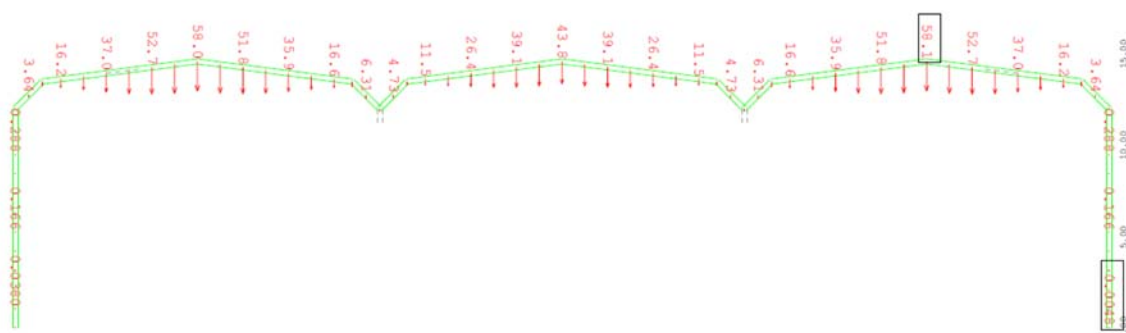


Figura 49. Flechas máximas Uz- en mm. Combinación característica. Cercha tipo Pratt. Nave 2.



**Figura 50. Flechas máximas  $U_{z+}$  en mm. Combinación característica. Dinteles de pórticos. Nave 2.**

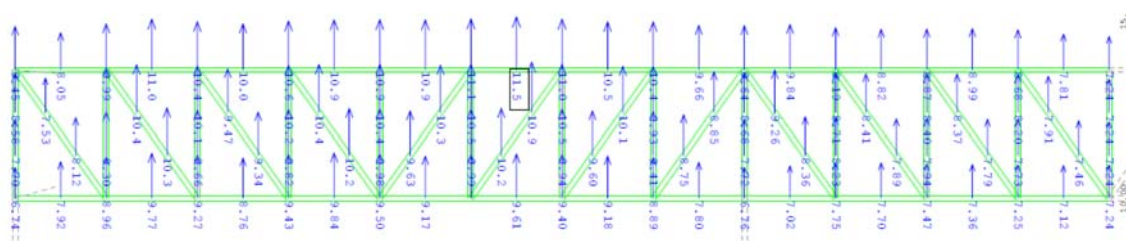


**Figura 51. Flechas máximas  $U_z$ - en mm. Combinación característica. Dinteles de pórticos. Nave 2.**

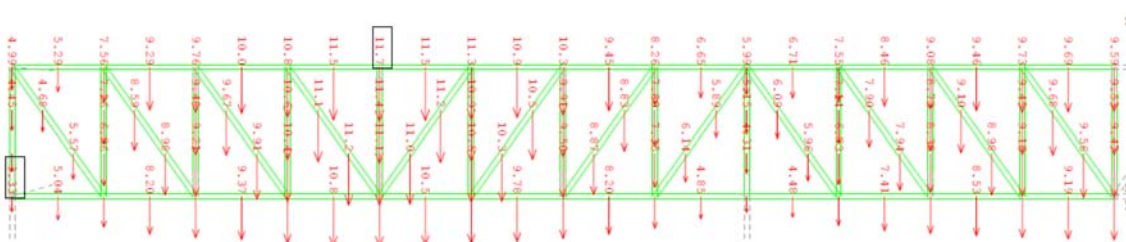
De la misma forma se ha comprobado que las flechas relativas en las correas son muy inferiores a  $1/300$  de la luz de las mismas (5 m).

### Flechas Nave 3:

Por último el fabricante de la cubierta para la nave 3, asegura que para las presiones de viento en cubierta de este proyecto ( $<3.0 \text{ kN/m}^2$ ) los paneles sándwich no superan las flechas relativas de 1/200 para las luces de estos paneles de la cubierta 2.5 m (que es la separación entre correas).



**Figura 52. Flechas máximas  $U_{z+}$  en mm. Combinación característica. Cercha tipo Pratt. Nave 3.**



**Figura 53. Flechas máximas  $U_z$ - en mm. Combinación característica. Cercha tipo Pratt. Nave 3.**



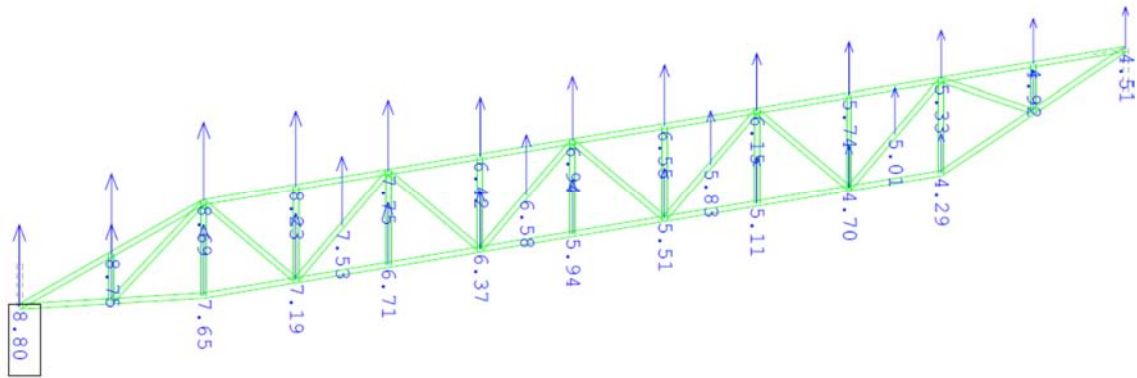


Figura 54. Flechas máximas Uz+ en mm. Combinación característica. Cuchillos. Nave 3.

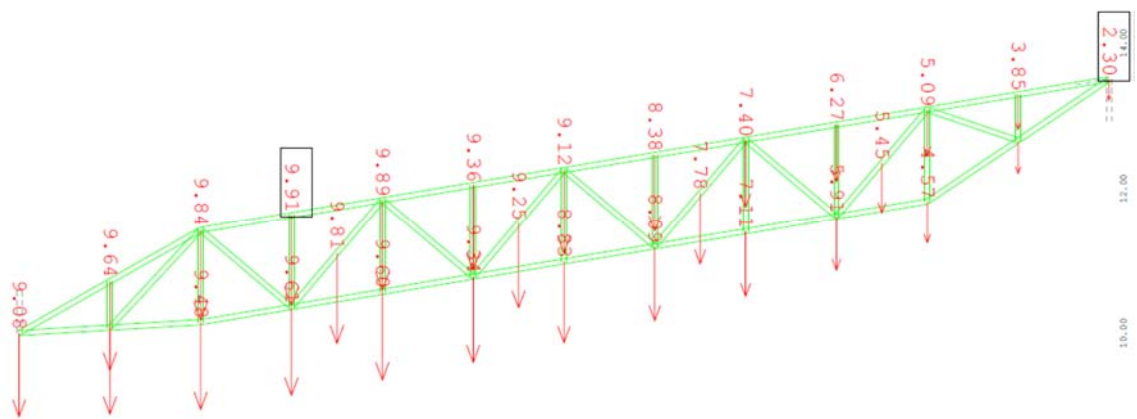


Figura 55. Flechas máximas Uz- en mm. Combinación característica. Cuchillos. Nave 3.

De la misma forma se ha comprobado que las flechas relativas en las correas son también inferiores a 1/300 de la luz de las mismas (5 m).

### 6.6.3 Estados Límite Últimos.

#### 6.6.3.1 Barras del sistema de arriostramiento.

Se ha comprobado que las barras de arriostramiento no agotan su resistencia a tracción.

$$N_{Ed} \leq \frac{A \cdot f_{yd}}{\gamma_{M0}}$$

#### 6.6.3.2 Barras de cerchas

Se ha comprobado la resistencia de las secciones de las barras de las cerchas según lo indicado en el artículo 6.2.1 del eurocódigo 3 (EC-3) sobre estructuras de acero.

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} \leq 1$$

En la expresión anterior  $N_{Rd}$ ,  $M_{y,Rd}$  y  $M_{z,Rd}$  son las resistencias axil, y flectoras de las secciones de las barras según su clasificación (clases 1, 2 ó 3). Las resistencias a flexión en la expresión anterior incluye la reducción cuando existe cortante.

Además se ha comprobado que las barras aisladas no pandean (piezas sometidas a compresión) según lo indicado en el artículo 6.3.1.1 del EC-3.

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,0 \quad N_{b,Rd} = \frac{\chi A f_y}{\gamma_{M1}}$$

Para esta comprobación se han considerado los siguientes coeficientes  $\beta$  de longitudes de pandeo según el tipo de nave que se trate:

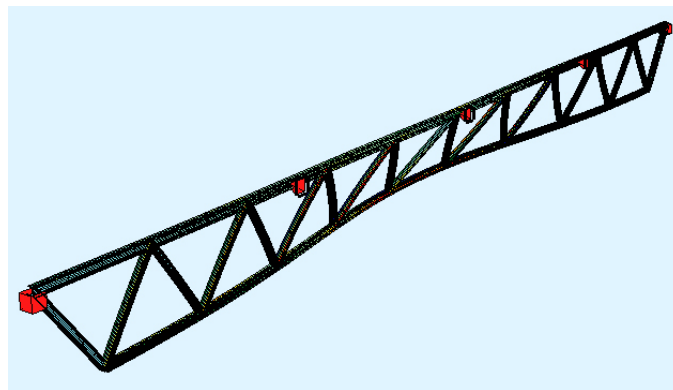
#### **Nave 1:**

Cerchas tipo Warren en su plano (// eje x):

- Barras del condón superior:  $\beta = 1$
- Diagonales:  $\beta = 1$
- Barras del cordón inferior  $\beta = 1$

Cerchas tipo Warren fuera de su plano (// eje x):

- Barras del condón superior:  $\beta = 2.5$  (cordón arriostrado cada 5 m)
- Diagonales:  $\beta = 1$
- Cordón inferior: Se ha realizado un análisis de pandeo para carga simétrica hacia arriba actuando uniformemente repartida por ml el cordón superior. Resultando una longitud de pandeo en el cordón inferior de 3.74 m., por lo tanto, cada barra del cordón inferior tiene una  $\beta = \frac{3.74}{2} = 1.87$ .



**Figura 56.** Modo de pandeo del cordón inferior con cercha cargada hacia arriba. Nave 1.

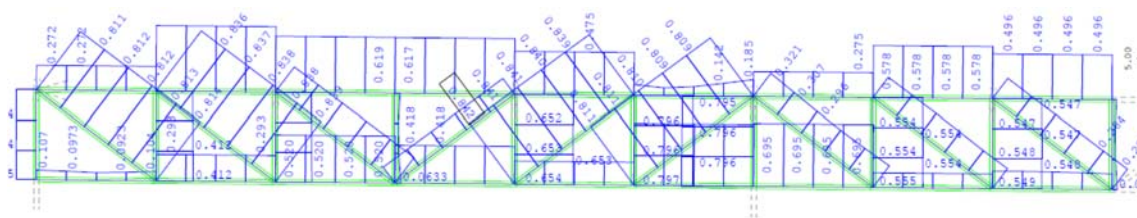
Cerchas tipo Pratt en su plano (// eje y):

- Barras del condón superior:  $\beta = 1$
- Diagonales:  $\beta = 1$
- Montantes:  $\beta = 1$
- Barras del cordón inferior  $\beta = 1$

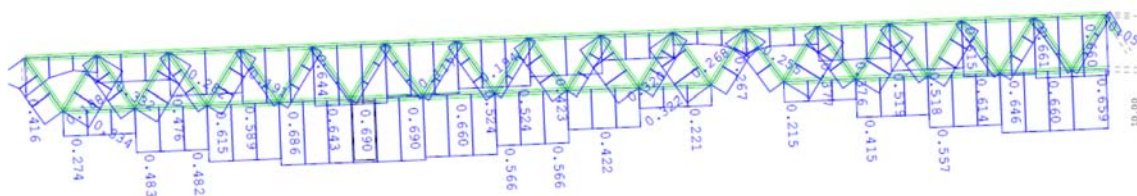
Cerchas tipo Pratt fuera de su plano ( $\parallel$  eje y):

- Barras del condón superior:  $\beta = 2$  (cordón arriostrado cada 5 m)
- Diagonales:  $\beta = 1$
- Montantes:  $\beta = 1$
- Barras del cordón inferior  $\beta \approx 2$  (Obtenido en un análisis de pandeo)

El grado de agotamiento (coeficiente de utilización) de las secciones de las barras de la cubierta de la nave 1, por estos efectos comprobados, se representa en las siguientes figuras.



**Figura 57. Coeficiente de agotamiento de las barras de las cerchas Pratt. Nave 1.**



**Figura 58. Coeficiente de agotamiento de las barras de las cerchas Warren. Nave 1.**

### Nave 2:

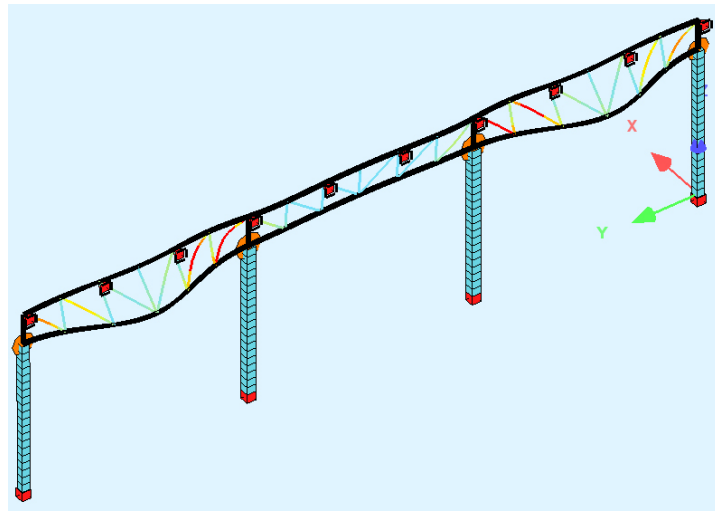
Para la comprobación de pandeo de la nave 2 se han considerado las siguientes longitudes de pandeo:

Cerchas en su plano (// eje y):

- Barras del condón superior:  $\beta = 1$
- Diagonales:  $\beta = 1$
- Montantes:  $\beta = 1$
- Barras del cordón inferior:  $\beta = 1$

Cerchas fuera de su plano:

- Barras del condón superior:  $\beta = 2$  (cordón arriostrado cada 5 m, long. Barras 2.5)
- Diagonales:  $\beta = 1$
- Montantes:  $\beta = 1$
- Cordón inferior: Se ha realizado un análisis de pandeo para carga simétrica hacia arriba actuando en los nudos del cordón superior. Resultando una longitud de pandeo en el cordón inferior de 5.39 m. por lo tanto cada barra del cordón inferior tiene una  $\beta = \frac{5.39}{2.5} = 2.15$  (para una carga en la cercha vertical y hacia abajo, la longitud de pandeo del cordón inferior es algo menor)



*Figura 59. Modo de pandeo del cordón inferior con cercha cargada hacia arriba. Nave 2.*

### **Nave 3:**

Para esta comprobación se han considerado los siguientes coeficientes  $\beta$  de longitudes de pandeo:

Cerchas tipo Pratt en su plano (plano vertical // eje x):

- Barras del condón superior:  $\beta = 1$
- Diagonales:  $\beta = 1$
- Montantes:  $\beta = 1$
- Barras del cordón inferior:  $\beta = 1$
- 

Cerchas tipo Pratt fuera de su plano:

- Barras del condón superior:  $\beta = 2$  (cordón arriostrado cada 5 m por los cuchillos, long. Barras 2.5)
- Diagonales:  $\beta = 1$
- Montantes:  $\beta = 1$
- Cordón inferior:  $\beta = 2$  (cordón arriostrado cada 5 m por los cuchillos, long. Barras 2.5).

Cuchillos en su plano (plano vertical // eje x):

- Barras del condón superior:  $\beta = 1$
- Diagonales:  $\beta = 1$
- Montantes:  $\beta = 1$
- Barras del cordón inferior:  $\beta = 1$

Cerchas tipo Pratt fuera de su plano:

- Barras del condón superior:  $\beta = 2$  (cordón arriostrado cada 2.5 m por las correas, long. Barras 1.25)
- Diagonales:  $\beta = 1$
- Montantes:  $\beta = 1$
- Cordón inferior: Se ha realizado un análisis de pandeo para carga simétrica hacia arriba actuando en los nudos del cordón superior. Resultando una longitud de pandeo en el cordón inferior de 2.5 m., por lo tanto, cada barra del cordón inferior tiene una

$$\beta = \frac{2.5}{1.25} = 2.$$

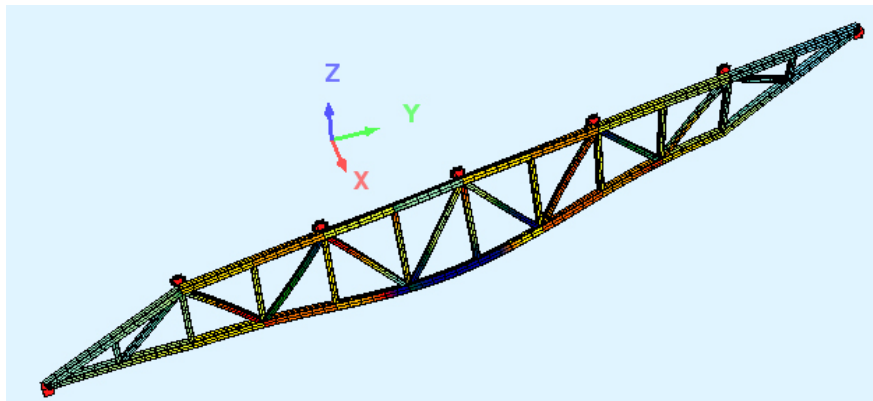


Figura 60. Modo de pandeo del cordón inferior con cercha cargada hacia arriba. Nave 3.

### 6.6.3.3 Pórticos de alma llena

Para los pórticos de alma llena que posee la nave 2, además de comprobar la resistencia de las secciones de las vigas, se ha comprobado, según artículo 6.3.3 del EC-3, la inestabilidad de piezas sometidas a compresión (pandeo por compresión) y de piezas sometidas a flexión (pandeo lateral).

$$\frac{\frac{N_{Ed}}{\chi N_{Rk}}}{\gamma_{M1}} + k \frac{\frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}}}{\gamma_{M1}} + k_{yz} \frac{\frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}}}{\gamma_{M1}} \leq 1$$

Para ello se han considerado las siguientes longitudes de pandeo por compresión y pandeo lateral:

Para los pilares:

- Pandeo por compresión en plano de pórtico y en el plano perpendicular:  $\beta = 0.7$
- Pandeo lateral: longitud de las barras.

Para los dinteles:

- Pandeo lateral del ala superior distancia entre correas 2.5 m.
- Pandeo lateral del ala inferior (por momentos negativos en centros de vano). 9 m.

#### **6.6.3.4 Correas y vigas de soporte de cerramientos**

En estos elementos solamente se ha comprobado la resistencia de las secciones. No se ha comprobado inestabilidad por considerarlos suficientemente arriostrados por los cerramientos.

#### **6.6.3.5 Estados Limite Últimos en soportes de hormigón**

Se ha comprobado los estados límites últimos de:

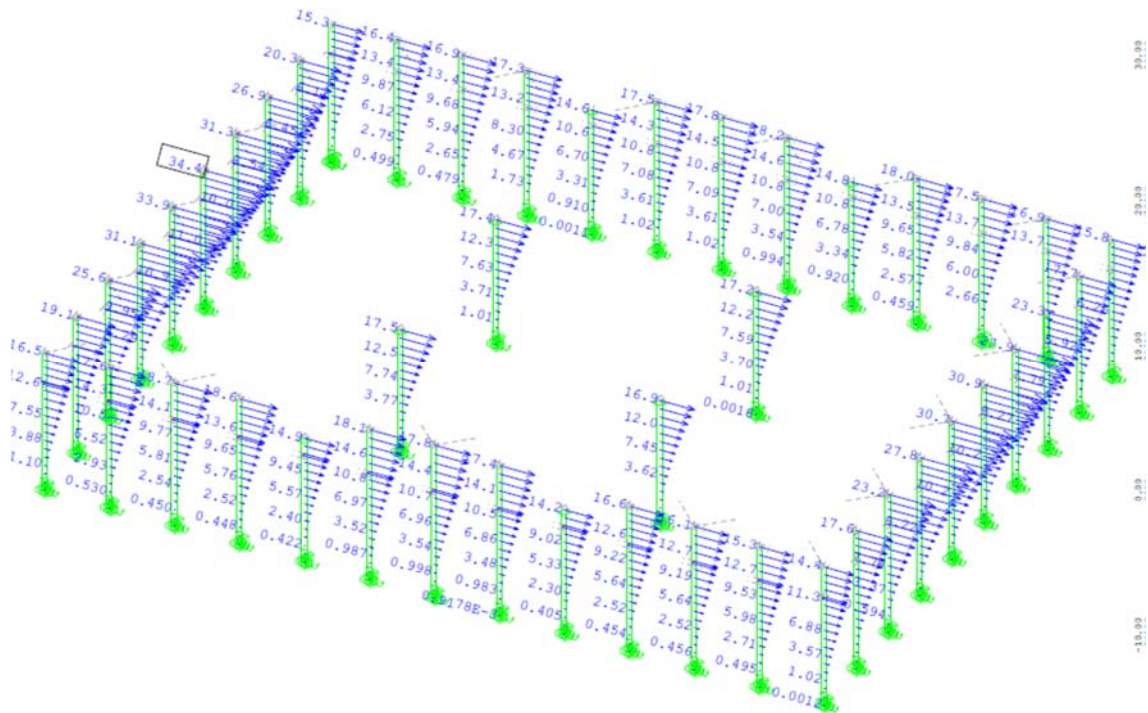
- Flexión compuesta esviada.
- Cortante.
- Inestabilidad de soporte. Han resultado despreciables los efectos de segundo orden por contar los soportes con una esbeltez mecánica menor a la esbeltez límite inferior.

#### **6.6.4 Desplazamientos en situación sísmica.**

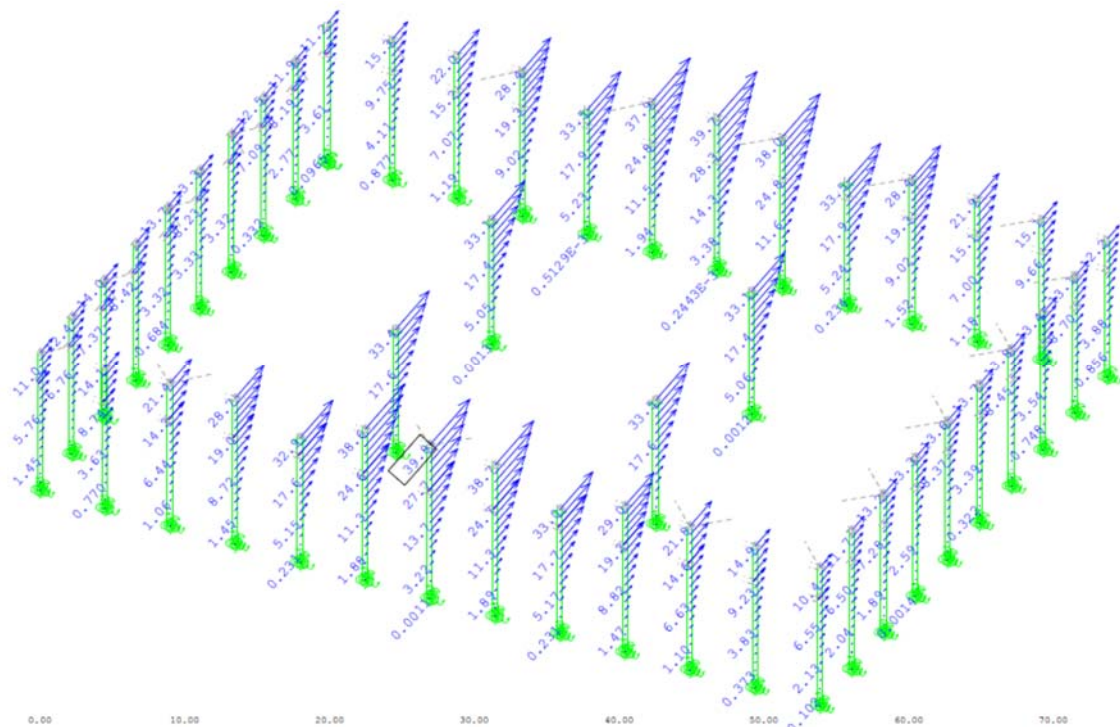
Para evitar que los elementos no estructurales adosados a las estructura (cerramientos) sufran daños, se limita el desplome de la única planta del edificio, calculado a partir del espectro de respuesta elástico, a un valor igual al 1% de la altura de la planta. Esta limitación viene recogida en el Eurocódigo 8 (UNE -EN 1998-1-1) en su apartado 4.4.3.2.

Las siguientes figuras muestran los desplazamientos laterales de los pilares en situación sísmica (calculados a partir del espectro elástico de respuesta)



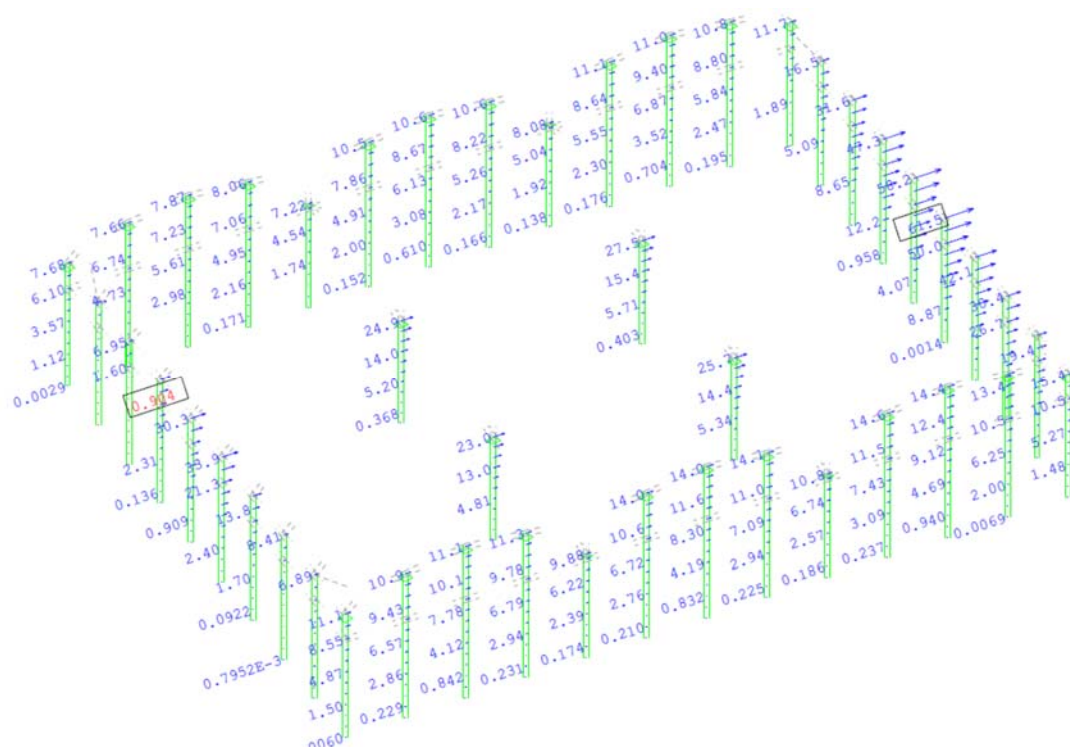
**Desplazamientos laterales en situación sísmica Nave 1:**

**Figura 61. Desplazamientos horizontales Dir x (Situación sísmica. Espectro elástico). Nave 1**

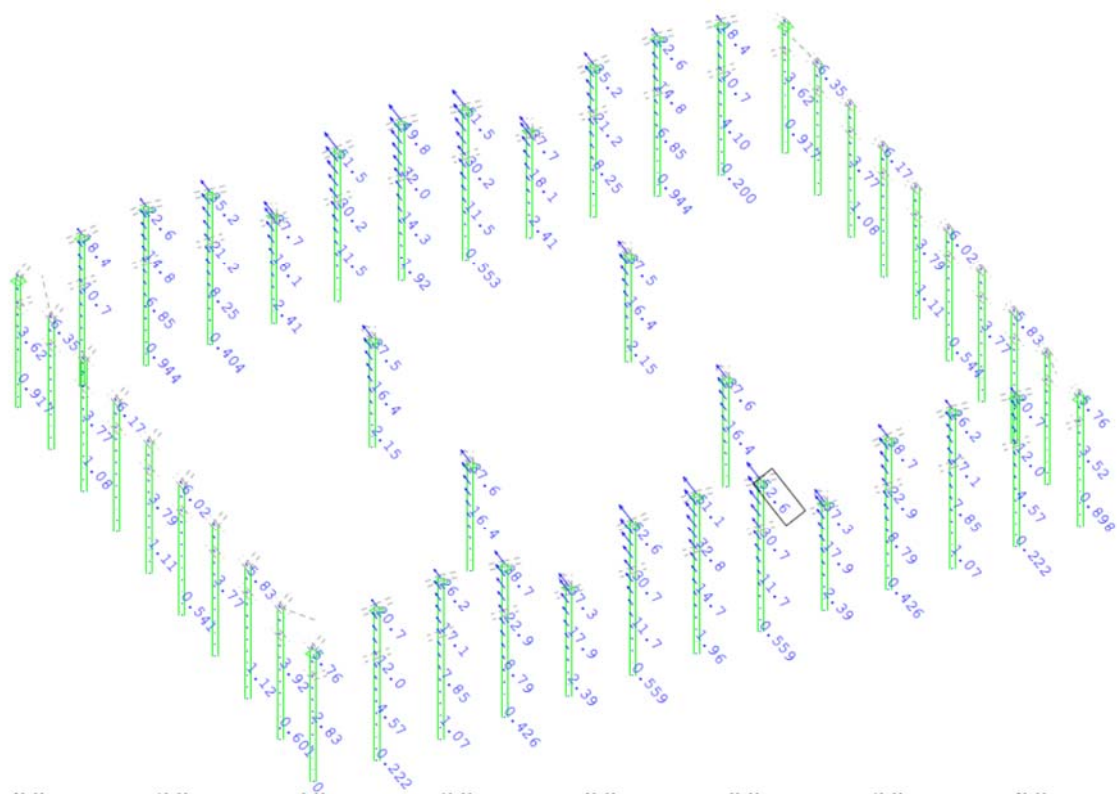


**Figura 62. Desplazamientos horizontales Dir y (Situación sísmica. Espectro elástico). Nave 1.**

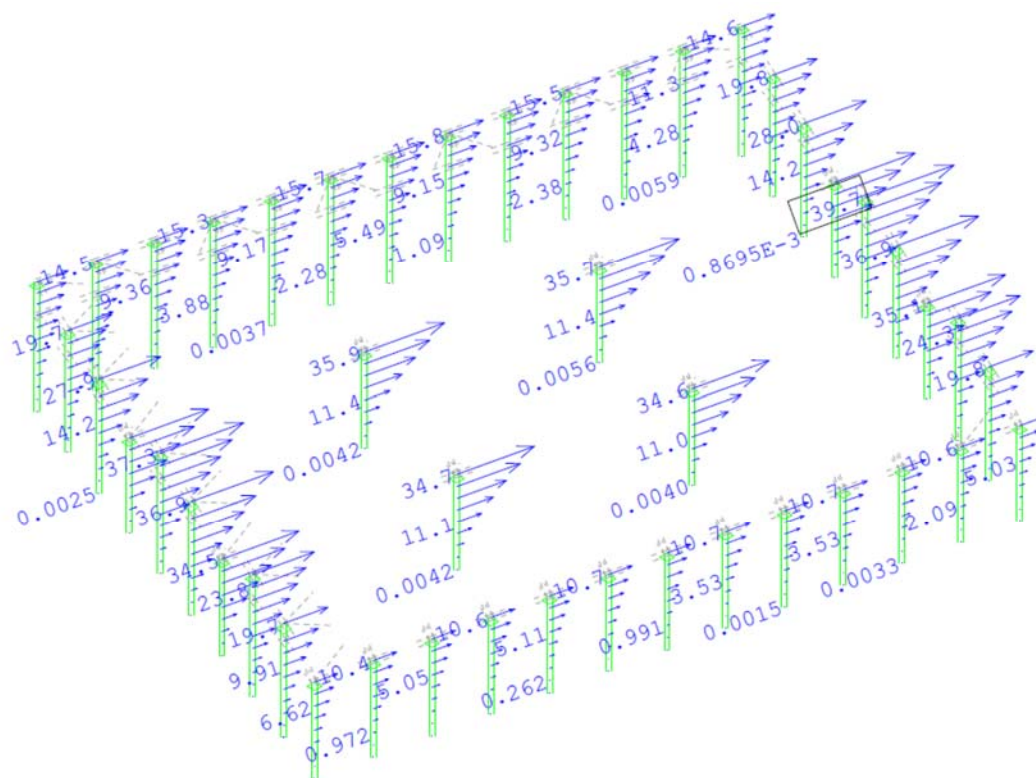


**Desplazamientos laterales en situación sísmica Nave 2:**

**Figura 63. Desplazamientos horizontales Dir x (Situación sísmica. Espectro elástico).Nave 2.**



**Figura 64. Desplazamientos horizontales Dir y (Situación sísmica. Espectro elástico).Nave 2.**

**Desplazamientos laterales en situación sísmica Nave 3:**

*Figura 66. Desplazamientos horizontales Dir y (Situación sísmica. Espectro elástico).Nave 3.*

## 7. INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN.

### 7.1 Introducción a la iluminación.

La luz es esencial para el ser humano, nos permite interactuar con lo que nos rodea, puede modificar la apariencia del espacio influyendo sobre su estética y atractivo, además de afectar el rendimiento visual, estado de ánimo y motivación de las personas. Para cualquier actividad los requisitos de iluminación deben satisfacer una serie de necesidades humanas, vinculadas con su bienestar y salud. Hoy en día existen varias normas en las que se hace hincapié en el uso eficiente de la iluminación y el aprovechamiento de la luz natural para una reducción en el consumo energético, pero el hecho de usar al máximo la luz natural conlleva, también, un beneficio para la salud de los usuarios.

La norma UNE EN 12464-1 sobre la iluminación en los lugares de trabajo, indica una serie de límites, dependiendo de la actividad desarrollada, como por ejemplo una iluminación mínima, un deslumbramiento máximo, etc. Por otro lado el CTE, en su documento básico de ahorro de energía en la exigencia básica HE3, pide una utilización eficiente de la instalación lumínica y además indica la necesidad de que se aproveche la luz natural, para ello debe existir sistemas de control y regulación que optimicen tal aprovechamiento, de este modo, compaginando el uso de la luz artificial con la natural, conseguimos una reducción de consumo de energía.

#### 7.1.1 Iluminación en locales comerciales.

En el caso de locales comerciales, además del bienestar de los trabajadores, es un importante factor para la venta una buena iluminación en el establecimiento. Ya sólo con la iluminación exterior que el cliente percibe, éste puede sentir atracción por entrar al establecimiento, o por el contrario, rechazo.

Hasta hace poco se ha tenido en cuenta, para el diseño de locales comerciales, que el producto esté bien iluminado. De hecho, si nos fijamos en la mayoría de centros comerciales construidos años atrás, dentro de ellos se pierde la noción del tiempo, al no percibirse, de forma natural, si fuera de día o de noche, pues apenas existen aberturas más que las de las entradas. Esto ocasiona, sobre todo al personal que trabaja en dichos lugares, que son los que más tiempo permanecen en él, un efecto muy negativo en su salud y rendimiento en el trabajo.

Además de zona destinada al público, nos encontramos, en la mayoría de los casos, con zonas destinadas a almacenes, e incluso a oficinas, donde lo que importa es el bienestar del trabajador para que pueda realizar un trabajo lo más eficientemente posible y, por supuesto, seguro.

Un buen diseño lumínico establece que cada parte del establecimiento debe ser iluminado según la función que tenga.

### 7.2 Luz Natural

La luz natural es proporcionada por la energía radiante del sol, una energía renovable y gratuita lo que implica un importante ahorro energético.

La luz natural nos puede llegar de las siguientes maneras:

- Luz directa, es el haz directo procedente del sol.
- Luz difusa, es la luz natural difundida en la atmósfera (incluidas nubes).
- La luz procedente de reflexiones en el suelo y objetos en el entorno exterior.

Como ya se ha mencionado existen diversos efectos positivos de la luz natural en las personas. Tanto desde la perspectiva biológica como psicológica, está demostrado por diversos estudios que el estar en un lugar con luz natural favorece el rendimiento en el trabajo así como en el confort de la persona.

Dentro de los sistemas de aprovechamiento de luz natural se puede enumerar como los más utilizados:

La Iluminación lateral, (ventanas) utiliza aberturas en el paramento vertical lateral del local. Justo al lado de la ventana se encuentra un nivel de iluminación muy alto, pero si nos vamos alejando de ella éste disminuye considerablemente. También dependerá el nivel de iluminación que entra por la apertura de según la orientación del muro o pared en la que se encuentra.

Iluminación cenital, en este caso nos encontramos con aberturas horizontales o inclinadas en la cubierta del local; lo más común es utilizar claraboyas o lucernarios.

Permite la penetración cenital de luz natural, pudiéndose proteger contra la radiación directa o dirigiéndola hacia espacios inferiores. Aumenta el nivel de luz en el interior. La abertura se suele cubrir con vidrio o plástico transparente o translúcido, y dicho cierre puede ser fijo o abatible.

Este tipo de aberturas en cubierta contienen un elevado rendimiento por superficie acristalada si lo comparamos con el de una ventana vertical, del orden del 200 a más del 400 por cien.

Además se obtiene una buena uniformidad de luces y sombras. Hay un elevado alcance o radio útil del nivel de iluminación por la mayor altura de la fuente luminosa y la ausencia de obstáculos.

Dentro de estas aberturas en cubierta cabe destacar las de diente de sierra, ya que suprimen la radiación solar directa, tan indeseable por el aumento de cargas térmicas, cuando se orientan al norte pero pudiéndola aprovechar indirectamente como radiación reflejada.

Se puede usar claraboyas o lucernarios que a la vez sirvan de evacuación de humos o de ventilación, de modo que simplificaría las aperturas necesarias en la cubierta, lo cual encarece el coste de la nave.

Se busca obtener un nivel adecuado de iluminación natural, reducir al mínimo la transmisión de calor y reducir el número de aberturas en la cubierta.

Iluminación combinada. Tal y como su nombre indica resulta de la utilización simultánea de aberturas laterales y cenitales en los locales.

Los trayectos recorridos por el sol producen una serie de efectos variables en el interior de los edificios, como consecuencia de la penetración de la luz a través de sus aberturas, además hay que tener en cuenta que puede estar nublado y que sólo disponemos de unas horas de luz natural al día, siendo ésta distinta según la época del año en que nos encontremos. En definitiva, no podemos usar sólo luz natural sino que hay que combinarla con luz artificial. Para que esta combinación resulte lo más eficiente posible existen sistemas automáticos de control de la luz artificial respecto a la natural.



**Figura 67. Tipo aberturas para entrada luz natural, [www.ovacen.com/iluminacion-natural-en-arquitectura](http://www.ovacen.com/iluminacion-natural-en-arquitectura)**

La utilización de la luz natural también trae consigo posibles efectos negativos, uno de ellos, y que también se puede tener en la utilización de la luz artificial, es el deslumbramiento. Pero el que más comúnmente llegamos a pensar todos, si decidimos abrir huecos para el aprovechamiento de luz natural, es que tales aperturas también ocasionan una indeseable exceso de carga térmica en verano, por transmitancia en sus superficies acristaladas, o por el contrario una pérdida de carga térmica en el invierno, cuando lo que se busca en esa época del año es todo lo contrario. Para estos dos problemas la solución se basa en realizar un buen diseño, control y mantenimiento de la instalación y del edificio en sí, que anule o minimice estos efectos. Para el caso de los comercios, donde la mayoría usan escaparates como reclamo comercial, podría añadirse el inconveniente de una excesiva decoloración y degradación en los objetos o superficies expuestos en tales escaparates cuando permanecen mucho tiempo, así como su sobrecalentamiento, pudiéndose corregir con colocación de protecciones o filtros, es decir, volvemos a recurrir nuevamente al diseño.

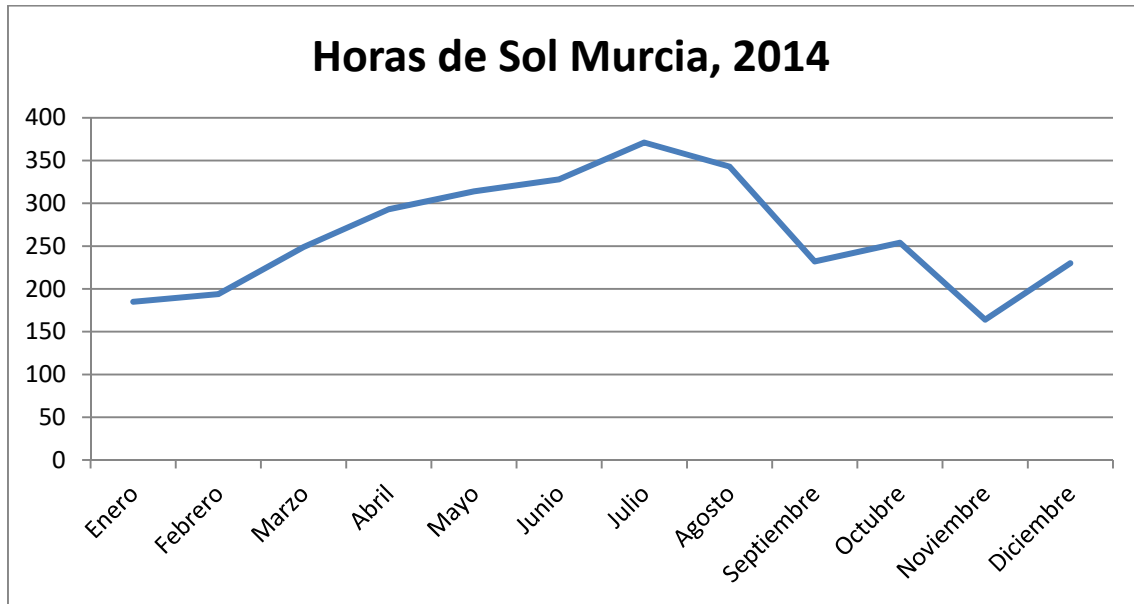
Está claro que la clave para obtener una instalación de calidad eficiente y segura está en el diseño, por lo que todos estos puntos hay que tenerlos en cuenta al comienzo del proyecto. También hay que destacar que la carga térmica aportada por una instalación de iluminación natural es menor que la formada por luz artificial.

### **7.2.1 Luz natural en Cartagena**

Uno de los atractivos más conocidos de nuestro país es el Sol, además el establecimiento se encuentra en la zona sureste del país, en la que las condiciones de luz natural son más que favorables.

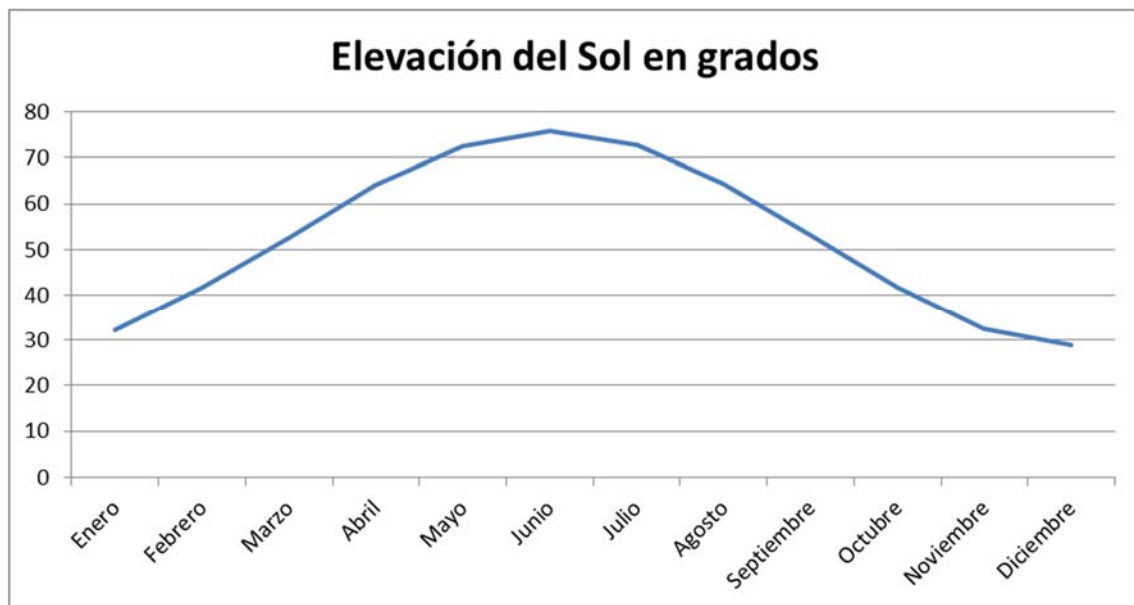
Como se puede ver en el gráfico siguiente, obtenido según datos sacados del INE en Murcia en el año 2014, las horas de Sol en la Región de Murcia son 3.157h anuales. Esto hace una media anual de 263h/mes, es decir, tenemos una media de 7 horas al día en invierno y casi 11 horas de sol al día de media en verano. Por lo que las condiciones en cuanto a disponibilidad para aprovechar al máximo la luz diurna son excelentes.





**Gráfico 1.** Elaboración propia según datos sacados del INE de Murcia año 2014.

Además de la disponibilidad, la posición del Sol también influye mucho en el aprovechamiento de la luz natural en el interior de un local comercial. Esta posición puede determinar la orientación del edificio así como el tipo y ubicación de las aperturas. En el siguiente gráfico se representa, la elevación del sol en grados de la ciudad de Cartagena, durante el año 2015, cada 21 de mes al medio día.



**Gráfico 2.** Elaboración propia según datos sacados de [www.sunearthtools.com](http://www.sunearthtools.com)

## 7.3 Diseño Lumínico.

En este punto se va a ver tanto la luz artificial necesaria, como la luz natural que será complementaria a la artificial con el objetivo de aprovecharla al máximo para conseguir un ahorro energético, además de cumplir con las necesidades de bienestar y salud de los usuarios del edificio, en el que se encuentran tantos clientes como trabajadores.



Se va a calcular, por un lado, la luz artificial que necesita el local; este cálculo será válido para los tres tipos de naves dado que la superficie y la distribución de mobiliario es la misma, colocando el mismo número de luminarias, igual modelo y a la misma altura desde suelo en los tres casos. Y por otro, la luz natural aportada al edificio durante los distintos periodos del año, en el que sí habrá diferencias en cuanto al tipo de nave dada la distinta cubierta que tienen, la distinta altura, así como la disposición y tipo de aperturas en cubierta que posee cada una de ellas. Para el caso de entrada de luz natural por el escaparate y puerta principal, sí que será la misma ya que en las tres naves se ha diseñado igual.

Se va a comparar, para cada uno de los edificios, la aportación de la luz natural con respecto a la artificial necesaria para cumplir con los límites mínimos establecidos según normativa, en cada periodo del año y a cada hora del día, en el que el establecimiento permanezca abierto.

Como se indica al comienzo de este proyecto y queda reflejado en los planos de las figuras 1 y 2, en el comercio se diferencia la zona de ventas, donde se efectúa propiamente la actividad principal del establecimiento, la de oficinas y la de almacén. Como el caso de oficinas y almacén no se ve afectada por el tipo de nave siendo en los tres casos igual, se estudiará únicamente la zona de ventas, en la que distinguiremos tres zonas: la zona de exposición, zona de cajas, y mesa de envolver.

### **7.3.1 Cálculo de Luz artificial y natural en zona de ventas.**

Se está dentro de la zona propia de la actividad comercial de exposición del producto y venta, por lo que hay que tener muy en cuenta la iluminación del producto, pues hay que realzarlo y hacerlo atractivo para el cliente. Pero no hay que olvidarse de los trabajadores que realizan su labor en esa zona, mayormente realizando trabajos de reposición, atención al cliente y venta en cajas, los cuales requieren también de unas determinadas condiciones lumínicas que no les perjudique en su salud y que además les de confort y bienestar necesarios para fomentar las buenas prácticas en la realización de su actividad, e incluso favorecer una mejora en su rendimiento laboral.

Para el diseño de la instalación, tanto de la luz artificial como de la natural, se va a tener en cuenta los siguientes parámetros:

- Iluminación Natural en el exterior
- Nivel de iluminación requerido según el uso del edificio
- Dimensiones y características de la zona que queremos iluminar
- Tipo de sistema de iluminación artificial y natural empleado

#### **7.3.1.1 Iluminación Natural en el exterior**

La iluminación natural que se tiene en el exterior depende básicamente del emplazamiento en el que se sitúa el edificio. Como se ha comentado, el local comercial se encuentra en la ciudad de Cartagena, cuya latitud es de 37,4°. En esta zona hay muchas horas disponibles de sol tal y como se ha indicado, y además, como se ve en la siguiente tabla elaborada desde los resultados del programa Dialux utilizado para los cálculos lumínicos, existe una buena intensidad lumínica horizontal al aire libre durante el tiempo de apertura del establecimiento a lo largo del año y considerando, como peor de los casos, un día nublado en cualquier periodo, lo cual garantiza una muy buena disponibilidad mínima de luz natural.

Horas	Iluminación media (lux) según periodo del año			
	Invierno	Primavera	Verano	Otoño
10h	6.265	11.923	16.239	9.415
11h	8.638	14.647	18.664	12.762
12h	10.098	16.397	20.183	15.274
13h	10.545	17.055	20.694	16.778
14h	9.948	16.575	20.161	17.172
15h	8.347	14.991	18.621	16.430
16h	5.853	12.410	16.178	14.602
17h	2.635	9.008	12.999	11.812
18h	0	5.018	9.301	8.252
19h	0	710	5.336	4.162
20h	0	0	1.373	0
21h	0	0	0	0
22h	0	0	0	0

Tabla 17. Resultados obtenidos del programa DIALUX, elaboración propia.

### 7.3.1.2 Nivel de iluminación requerido según el uso del edificio

Se va a ver a continuación qué necesidades lumínicas se requieren en cada una de las zonas del local comercial según la actividad realizada en cada una de ellas.

Para ello se hace uso de la norma UNE EN 12464-1, relativa a la iluminación en lugares de trabajo para interiores.

Según esta norma en el caso de establecimientos comerciales minoristas, como es el caso que se estudia, se tienen los siguientes requisitos mínimos de iluminación

Nº ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	$\bar{E}_m$ lx	$UGR_L$ –	$U_o$ –	$R_a$ –	Requisitos específicos
5.27.1	Área de ventas	300	22	0,40	80	
5.27.2	Área de cajas	500	19	0,60	80	
5.27.3	Mesa de envolver	500	19	0,60	80	

Tabla 18. Requisitos mínimos de iluminación, Tabla 5.27-establecimientos minoristas de la norma UNE 12464-1

Siendo:

$E_m$ : Iluminancia media horizontal mantenida en la superficie de referencia, es decir, es la iluminancia media del flujo luminoso que recibe la superficie horizontal del local a iluminar en el plano de trabajo correspondiente.

Se obtiene de la siguiente expresión:

$$E_m = \frac{n \cdot \Phi_L \cdot \eta \cdot f_m}{S}$$

- $n$ : número de luminarias
- $\Phi_L$ : es el flujo luminoso total
- $\eta$ : el factor de utilización de la luminaria
- $f_m$ : factor de mantenimiento de la instalación
- $S$ : superficie del plano de trabajo

**UGR<sub>L</sub>:** Límite de Índice Deslumbramiento Unificado Máximo, es el valor máximo a partir del cual el deslumbramiento, causado por las áreas brillantes dentro del campo de visión del usuario, puede resultar molesto ocasionando fatiga o errores que pueden incluso derivar en accidentes.

Se basa en la fórmula:

$$UGR = 8 \cdot \log_{10} \left( \frac{0,25}{L_B} \sum \frac{L^2 \cdot \omega}{p^2} \right)$$

- $L_B$ : es la iluminancia de fondo, calculada como  $E_{ind} \cdot \pi^{-1}$ , en donde  $E_{ind}$  es la iluminancia indirecta vertical en el ojo del observador, en  $cd \cdot m^{-2}$ ,
- $L$ : es la luminancia de las partes luminosas de cada luminaria en la dirección del ojo del observador en  $cd \cdot m^{-2}$
- $\omega$ : es el ángulo sólido en estereorradianes de las partes luminosas de cada luminaria en el ojo del observador.
- $p$ : es el índice de posición de Guth para cada luminaria individual que se refiere a su desplazamiento desde la línea de visión.

**U<sub>o</sub>:** Uniformidad de Iluminancia Mínima sobre superficie de referencia para  $E_m$ . Debe haber una distribución media de iluminancia en toda la superficie en el que se encuentra el usuario, no sólo en el punto en el que el usuario esté realizando su actividad, sino además en el total del volumen del local en el que se encuentra.

**R<sub>a</sub>:** índices de reproducción cromática. Son propios de la propia luminaria y nos indica cómo se reproducen los colores de los objetos que ilumina, deseando que sea de lo más natural posible de modo que el usuario obtenga un buen rendimiento visual, confort y bienestar.

Se van tener en cuenta planos distintos de trabajo según la zona. En el caso de la zona de ventas ocupado por estanterías, zona de exposición, consideramos la de 0,60 m, ya que el trabajador o el cliente tienen a esa altura los objetos de ventas que se sitúan más bajos, por lo que los luxes mínimos deben llegar al menos a esa altura. Para el caso de zonas de cajas y mesa de envolver, el plano de trabajo, se va a considerar en 1,20 m. Otro plano de trabajo que se va a estudiar, en este caso para todas las zonas mencionadas anteriormente, es decir, para la zona general de ventas, es a 1,50 m, ya que podríamos considerar como la media de los usuarios y trabajadores que realizan su trabajo o actividad de pie.

En primer lugar se va a calcular la luz artificial necesaria para conseguir los niveles mínimos de iluminancia en cada uno de los planos de trabajo indicados según la zona en la que se trate, y tras ello se calculará la luz natural disponible, considerándola como complementaria a esta luz artificial necesaria, para cada una de las tres tipologías de nave. Además de calcular la iluminancia también se va a comprobar que el diseño esté por debajo de los valores máximos establecidos por la norma para el deslumbramiento molesto.

### 7.3.1.3 Dimensiones y características de la zona que queremos iluminar

En cuanto a superficie a iluminar y distribución de mobiliario y zonas, en las tres tipologías es la misma y únicamente cambiará la altura de cada una de las naves y las aberturas dispuestas en cubierta para aprovechamiento de la luz natural.

Tal y como se ha mencionado en puntos anteriores y queda representado en planos adjuntos, el establecimiento es una nave de forma rectangular de dimensiones 60.72x45.72 m (2.776.12 m<sup>2</sup>). Se diferencian una parte destinada a la actividad principal de ventas y por otro lado, dentro de la nave hay una zona independiente en la que se encuentran las oficinas, la zonas comunes, como son los baños, y un pequeño almacén. Se considera que estas zonas de oficinas, zonas comunes y almacén son iguales en las tres naves, con las mismas condiciones y características, y no se van a tener en cuenta en los cálculos de iluminación. Se establecerá, para posteriormente hacer la comparativa económica y de ahorro energético, de un valor medio por m<sup>2</sup> idéntico para las tres naves.

Volviendo a la zona de la actividad principal objeto del estudio lumínico, zona de ventas, tiene una superficie de 2.446,88 m<sup>2</sup>, en la que se encuentra una zona de exposición, con estanterías de 1,60 m en las que se expone el producto, zona de cajas para la venta y de atención al cliente, así como una pequeña zona para que los clientes que lo deseen puedan envolver el producto adquirido, lo que se ha llamado zona mesa de envolver.

A pesar de que los cálculos realizados han sido a través de programa informático, cabe mencionar dos índices importantes a tener en cuenta en el diseño de una instalación lumínica y que a continuación se explica brevemente en qué consiste cada uno: los de reflexión y el de local

- Índices de reflexión,

Los índices de reflexión indican la capacidad de absorción lumínica que tienen los paramentos verticales y horizontales del local, como son suelo, techo y paredes. Depende del material y color utilizado en su revestimiento exterior, el cual está en contacto directo con la superficie iluminada.

Los índices considerados serán los mismos en cada una de las naves a fin de valorar realmente el diseño utilizado en resolver el tipo de cubierta que el de la utilización de unos u otros materiales.

Los valores adoptados de este índice de reflexión para cada uno de los paramentos son:

	Índice de reflexión (%)
<b>Suelo</b>	50
<b>Techo</b>	80
<b>Pared</b>	80

**Tabla 19. Índices de reflexión paramentos horizontales y verticales de las naves, tenidos en cuenta en los cálculos.**

- Índice de local,

Este índice relaciona las distintas dimensiones del local, según el cual ejercen un efecto directo en la forma de la distribución luminosa, es decir, facilita el diseño de la distribución de luminarias, junto a otros parámetros de la propia luminaria utilizada de un local a iluminar. El índice de local se determina con la siguiente expresión:

$$K = \frac{L \times A}{H \times (L + A)}$$

Donde:

K= Índice de local

L= Longitud del local en metros

A= Anchura del local en metros

H= Altura en metros entre la cara inferior de la luminaria a la superficie del plano de trabajo

Considerando los siguientes valores para el cálculo del índice del local:

L=60,400 m

A=45,400 m

H= 4,812 m

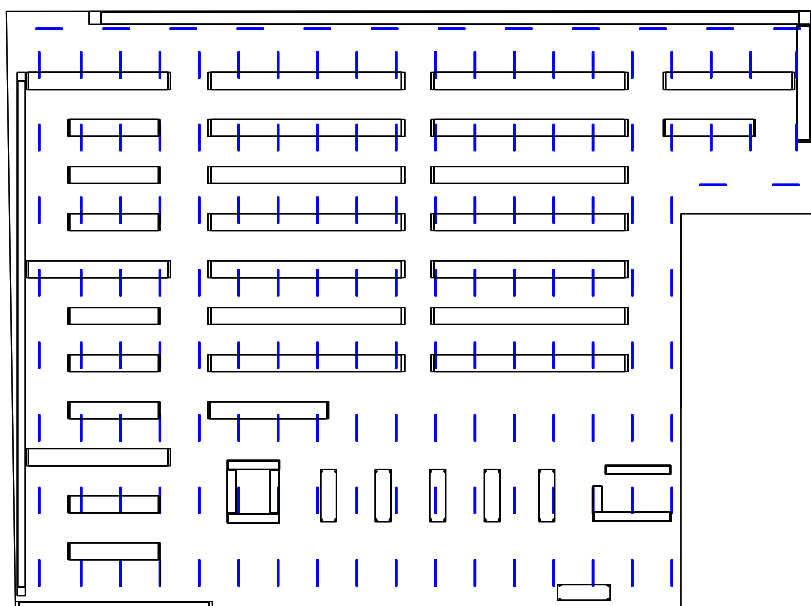
$$K = \frac{60,40 \times 45,40}{4,812 \times (60,40 + 45,40)} = 5,39$$

#### 7.3.1.4 Tipo de sistema de iluminación artificial y natural empleado

Para el caso de la luz artificial se ha optado por una luminaria muy eficiente existente en el mercado de la marca ETAP, más concretamente de la serie E7, la cual ofrece un diseño modular y flexible además de ser idónea en locales de grandes alturas.

Posee una tecnología novedosa en la que una ingeniosa combinación de ledes de alta potencia y lentes sofisticadas consiguen, por un lado las ventajas propias de los ledes en cuanto a baja consumo y una larga útil, y por otro la de las lentes, otorgando un confort visual máximo.

Las naves poseen techos tipo sándwich de diferentes inclinaciones según el tipo de nave y zona y existe una gran superficie que iluminar y con grandes alturas, desde los 10 m en el caso de la nave de cubierta plana y en la porticada, hasta los 13,5 en la de tipo de diente de sierra de gran altura, por lo que se opta por la colocación de luminarias suspendidas. En cuanto a la distribución de las luminarias, es en línea y prácticamente uniforme en toda la zona, tal y como se aprecia en la siguiente figura.



**Figura 68. Distribución luminarias en zona de ventas**

El modelo elegido de la serie E7 de ETAP es el E7211/LED2N064100S, de forma rectangular y dimensiones 2,00x0,09x0,088 m (largoxanchoxalto), de dos líneas de ledes y con un flujo luminoso de 10.248 lúmenes/ud y consumo eléctrico total, luminaria y equipo auxiliar, de 100,8 w/ud.

Para el caso del aprovechamiento de la luz natural, se tiene por un lado una abertura vertical en la fachada principal compuesta por un acristalamiento, de 20 m de largo por 4m de alto, destinado a la zona de entrada en el que se encuentran las puertas de entrada y salida del local, que es común a las tres naves. Y por otro lado, para cada una de las naves se dispondrá además una iluminación de tipo cenital en la cubierta, claraboyas o lucernarios.

Tanto para la nave 1 de cubierta plana, como para la nave 2 de pórticos de alma llena, se dispone de una serie de claraboyas distribuidas a lo largo de la cubierta; y para el caso de nave 3 de diente de sierra, lucernarios.

- Nave 1 tipo cubierta plana y Nave 2 tipo aporticada, claraboyas de 1,80x1,80 m distribuidas por toda la cubierta.
- Nave 3, cubierta tipo diente de sierra, se aprovecha al máximo cada uno de los tres paños verticales de la cubierta. Obteniendo 3 lucernarios de 60 m de largo por 3,4 de alto.

Tipo Nave	Iluminación Cenital	Nº aperturas (ud)	Dimensiones (m)	Superficie aperturas (m²)
Nave 1	claraboyas	48	1,80x1,80	155,52
Nave 2	claraboyas	48	1,80x1,80	155,52
Nave 3	lucernarios	3	60x3,4	612,00

**Tabla 20. Características de las aberturas para iluminación natural en cada una de las naves, elaboración propia.**



En cuanto a la existencia de obstáculos cercanos a la nave que puedan producir alguna sombra sobre ésta, indicar que se ha considerado que el resto de edificaciones colindantes y cercanas poseen como máximo la misma altura que la que se está estudiando, y que delante de ella existe un amplio aparcamiento, por lo que no se considera ningún edificio u objeto capaz de hacer sombra al local comercial ni en la zona de entrada ni en cubierta.

### 7.3.2 Cálculos y resultados obtenidos.

Los cálculos se han realizado utilizando un software específico para cálculo luminotécnicos y ampliamente utilizado por técnicos y profesionales del sector como es Dialux.

Se indica por un lado los cálculos y resultados obtenidos para la luz artificial, que será la misma para todos los tipos de nave, y por otro lado la luz natural que si que se diferenciara según la cubierta e iluminación cenital elegida.

A continuación se recuerdan algunos datos ya mencionados y se especifican otros, que son comunes a los cálculos tanto de luz artificial como luz natural en cada tipología de nave que se han tenido en cuenta en el programa:

- Emplazamiento y orientación: el emplazamiento es en Cartagena, con latitud 37,4º y la orientación es fachada principal al SUR.
- Superficie y distribución del interior de la nave: La superficie total construida de la nave es de 2.776.12 m<sup>2</sup>, pero como no se va a estudiar la zona de oficinas, almacén y estancias comunes, nos queda para la superficie de zona de ventas un total de 2.446,88 m<sup>2</sup>. En esta zona de estudio se encuentra una zona de exposición, en la que se encuentran diversas estanterías, de 1,6 m de altura, donde se exponen los productos de venta y pasillos, así como zona de entrada y salida, por los que circulan clientes y empleados, una zona de cajas, dos zonas de atención al cliente en los laterales de ésta y, por último, una zona en la que se encuentran unas mesas para que el cliente pueda envolver sus compras si lo desea.
- Grados de reflexión, transparencia y rugosidad de los materiales utilizados: para el caso del suelo, techo, paredes y claraboyas o lucernarios se han considerado los siguientes grados de reflexión, según el color del material elegido, transparencia, la rugosidad no se ha tenido en cuenta, dejando el valor 0 por defecto para todos los casos.

	Color	Grado de reflexión (%)	Transparencia (%)	Rugosidad (%)
<b>Suelo</b>	Gris medio	50	0	0
<b>Techo</b>	Blanco	80	0	0
<b>Pared</b>	Blanco	80	0	0
<b>Zona acristalada entrada/salida</b>	Incoloro	10	90	0
<b>Claraboyas/Lucernarios</b>	Incoloro	10	50	0

**Tabla 21. Características de acabados en cerramientos de las naves tenidos en cuenta, elaboración propia.**

A pesar de que la zona de entrada/salida y las claraboyas/lucernarios son superficies destinadas a la entrada de la luz natural, son distintos materiales, siendo el de las claraboyas y lucernarios de menor transparencia, ya que el sol entra más directamente por ellos y de este modo evitamos deslumbramientos. Para la zona de entrada/salida la luz natural que entra es

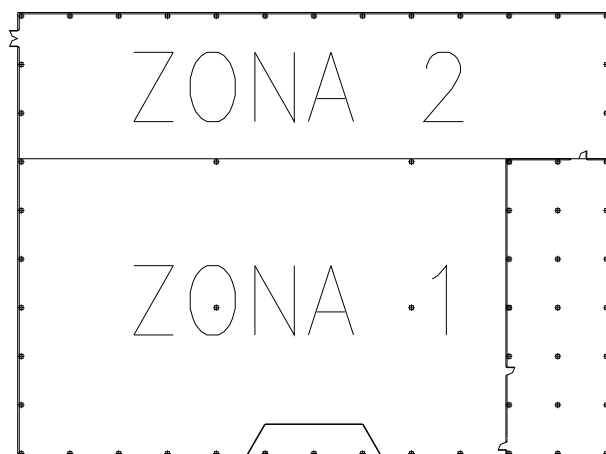
indirecta, y se pueden colocar filtros o protecciones para solucionar tanto deslumbramientos como exceso de radiación.

- Factor de mantenimiento: se establece el valor de 0,8 al considerarse un establecimiento con suciedad normal
- Número de puntos a estudio: esto lo establece la HE3 del CTE y es en función del valor del índice del local.

Teniendo en cuenta el valor del índice del local calculado anteriormente,  $k=5,39$ , al ser mayor que 3, según lo indicado en el apéndice A del citado documento básico, hay que considerar como mínimo 25 puntos en el cálculo, cifra que se supera en los cálculos realizados con Dialux.

Como se indicó anteriormente se va a estudiar para cada una de las zonas, zona de exposición, caja y mesa de envolver, la iluminancia en el plano de trabajo de cada lugar, y este debe ser tal que cumpla con lo indicado en la normativa, así como el deslumbramiento.

Para el caso del deslumbramiento, por la forma que tiene el área de ventas, se han establecido dos superficies de trabajo, tal y como se observa en el siguiente plano, y con el observador mirando a cada uno de los cuatro puntos cardinales.



**Figura 69. Zonas de superficie de trabajo en el área de ventas tenidas en cuenta para cálculos deslumbramiento.**

#### Zona de exposición:

En este caso el plano de trabajo se ha establecido a 0,60 m del suelo, ya que es la altura de la zona más baja de las estanterías en la que puede estar expuesto un producto, por lo que tanto el cliente como el trabajador deben tener unas condiciones idóneas de iluminación desde este punto.

#### Zona de cajas y mesa de envolver:

Ahora el plano de trabajo cambia y se sitúa como alguien sentado, por lo que se considera que es a 1,20 m

Además, también estudiaremos para un plano de trabajo a 1,50 m, que es la media al que tendría el producto cualquier persona que estuviera de pie en cualquiera de las zonas anteriores, es decir, para la zona de ventas en general.

Los valores que se van a obtener y que indican si estamos cumpliendo con nuestro diseño son:

- Em: es la iluminancia media.
- $U_0$  ( $E_{min}/E_m$ ): Uniformidad de la iluminancia en el área de la tarea.

Para el caso de iluminación artificial o claraboya el valor debe ser de:

$\geq 0,40$  en el área circundante inmediata, que es la que comprende la franja a 0,50 del área de la tarea.

$\geq 0,10$  en el área del fondo, que es la que comprende la franja a 3 m del área de la tarea.

- Ugrl: Índice de deslumbramiento Unificado
- Ra: Índice de reproducción cromática

### 7.3.2.1 Luz Artificial.

La luz artificial será la misma para los tres tipos de naves, ya que las dimensiones y distribución en planta es la misma y se ha diseñado para todos los casos la misma instalación de luz artificial.

Se ha buscado una luminaria que satisfaga las condiciones geométricas de techos de gran altura que poseen las tres naves y que sea altamente eficiente, para ello se ha seleccionado de la marca ETAP la serie E7 modelo E7211/LED2N064100S, como se ha indicado anteriormente, adjunta en anexo, se trata de una luminaria rectangular de dimensiones 2,000x0,090x0,088 m con dos líneas de ledes, un flujo luminoso de 10.248 lúmenes/ud con un valor de Ra superior al 80, consumo eléctrico total de la luminaria y de los equipos auxiliares de 100,8 w/ud y con un factor de potencia superior al 0,9 por lo que resulta una iluminaria muy eficaz. Además, tal y como se describirá más detalladamente en un apartado posterior, estos tipos de luminarias contienen un sensor de luz natural con el cual se puede regular la luz artificial dentro del establecimiento en función de la luz natural que exista en cada momento.

La altura de las luminarias va a ser de 5,50 metros desde el suelo de la nave, con un montaje en línea y distribuidas por toda la nave. Esta distribución es tal que considerando la sombra que produce el propio mobiliario que contiene la nave se pueda cumplir con los valores establecidos en la normativa, como se ve en los resultados de iluminancia del siguiente punto.

De esta manera el número total de luminarias es de 156 uds. tal y como se muestra en el siguiente cuadro de resultados

Lista de piezas - Luminarias

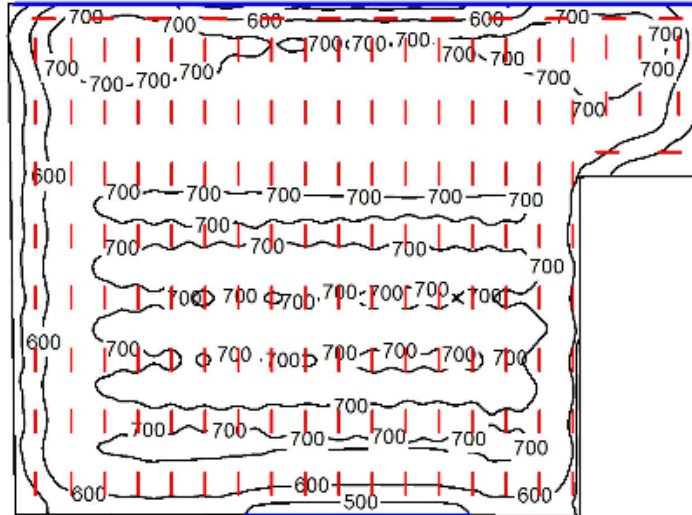
Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	156	ETAP E7211/LED2N064100S (1.000)	10252	10250	100.8
Total:			1599302	1599000	15724.8

**Tabla 22. Iluminarias obtenidas en los cálculos con programa Dialux.**

Introduciendo los datos al programa Dialux y realizando diversas simulaciones con distintos diseños de distribución de iluminarias hasta obtener valores que cumplimente la norma, obtenemos los siguientes resultados:

### 7.3.2.1.1 Zona de Exposición.

Plano de trabajo/útil: 0,60m



Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	666	364	796	0.547
Suelo	50	661	371	773	0.561
Techos (8)	80	272	102	332	/
Paredes (6)	80	304	147	1230	/

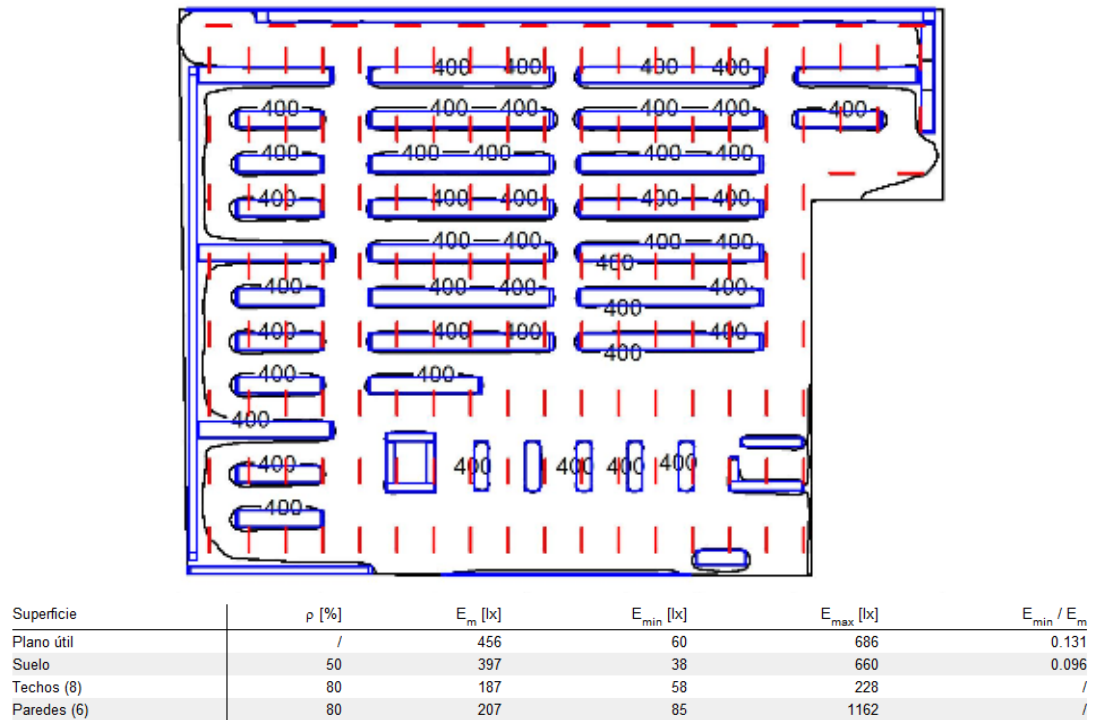
**Figura 70. Resultados  $E_m$  obtenidos Dialux en zona exposición (0,6 m), sin mobiliario.**

Donde,

- $\rho$  : grado de reflexión en %
- $E_m$ : iluminancia media horizontal mantenida en lux
- $E_{min}$ : iluminancia mínima horizontal mantenida en lux
- $E_{max}$ : iluminancia máxima horizontal mantenida en lux
- $E_{min}/E_m$ : relación entre iluminancia mínima y media, es decir la Uniformidad de Iluminancia Mínima,  $U_0$

Se puede observar que se cumple con los valores de iluminancia media en el plano de trabajo al ser ésta de 666 lux y también se obtiene una buena uniformidad al ser superior al 0,40.

Parece que el valor de  $E_m$  es demasiado alto, la norma exige en la zona de ventas que sea de mínimo 300 lux, y se podría pensar que en el diseño realizado habrían que eliminar algunas luminarias, para de este modo tener un mayor ahorro energético y económico, pero hay que tener en cuenta algo importante y es el mobiliario que se supone que hay en las naves, este mobiliario va a hacer sombras e impedir que la luz llegue a los lugares deseados, así que los luxes que se obtienen teniendo en cuenta las estanterías y mobiliario, para el mismo plano de trabajo considerado (0,6m) son:



**Figura 71. Resultados  $E_m$  obtenidos Dialux en zona exposición (0,6 m), con mobiliario.**

Ahora el valor de la  $E_m$  ha bajado, pero sigue estando por encima del valor establecido y se puede observar que se cumple con el valor de  $E_m$  de 300 lux, incluso en la zona más cerca de las estanterías.

No se puede valorar la uniformidad obtenida en Dialux en este caso, pues el programa considera como zonas de mínima iluminancia, zonas donde se encuentra el propio mobiliario o entre éste y rincones con paredes, donde lógicamente la iluminancia va a ser casi inexistente pero donde no hay acceso ni se va a realizar ninguna actividad. Pero observando el valor de las isolíneas, reflejadas en el plano de la figura anterior, de las zonas donde realmente puede haber clientes o trabajadores, los valores mínimos alrededor del mobiliario, zonas con menos iluminación, casi rozan los 400 lux, y si la media es de 456 luxes, la relación va a ser muy alta.

Ahora se indican los resultados del deslumbramiento para la zona de exposición para el plano 0,60 m.

También en este caso se considera la nave con el mobiliario, y para facilitar el cálculo con el programa informático se divide la zona de ventas en dos zonas, como se ha indicado anteriormente.

- Deslumbramiento Zona 1 plano 0,60 m:

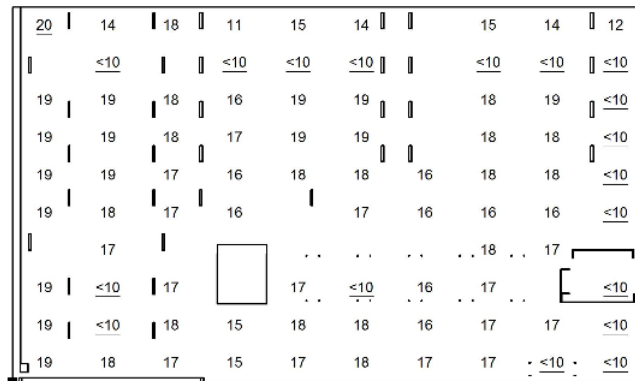


Figura 72. Resultados UGR obtenidos Dialux en zona exposición Z1 (0,6 m), dirección este.

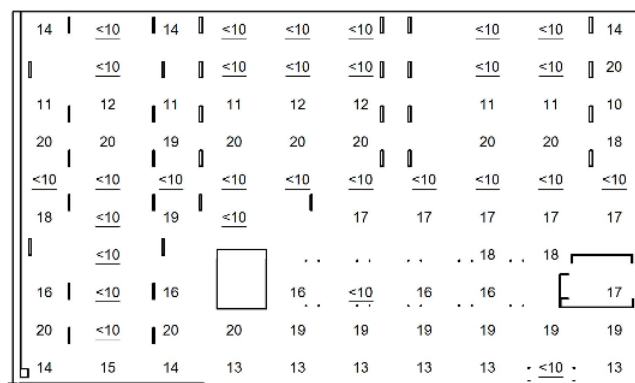


Figura 73. Resultados UGR obtenidos Dialux en zona exposición Z1 (0,6 m), dirección norte.

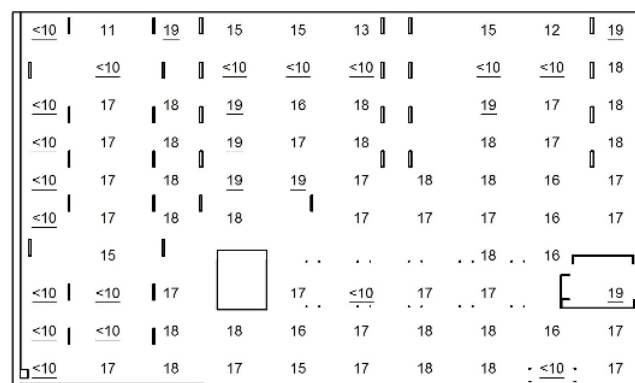


Figura 74. Resultados UGR obtenidos Dialux en zona exposición Z1 (0,6 m), dirección oeste.



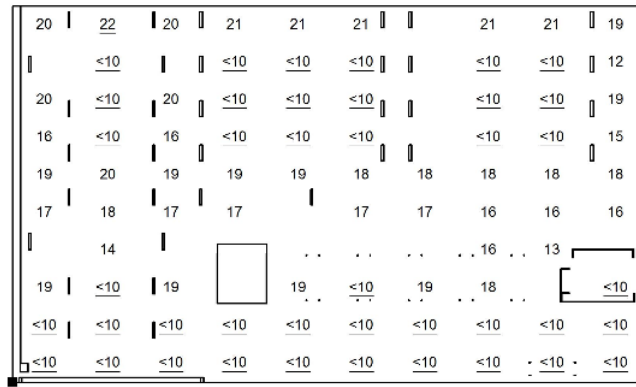


Figura 75. Resultados UGR obtenidos Dialux en zona exposición Z1 (0,6 m), dirección sur.

- Deslumbramiento Zona 2 plano 0,60 m:

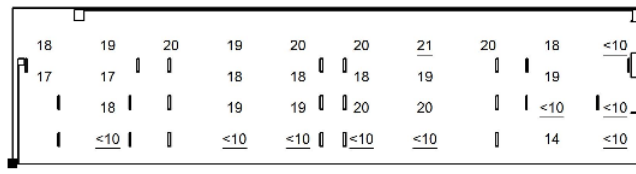


Figura 76. Resultados UGR obtenidos Dialux en zona exposición Z2 (0,6 m), dirección este.

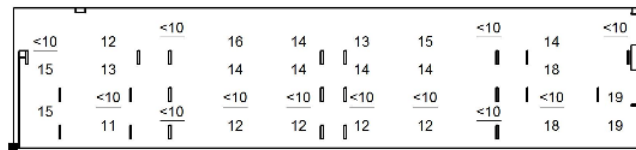


Figura 77. Resultados UGR obtenidos Dialux en zona exposición Z2 (0,6 m), dirección norte.

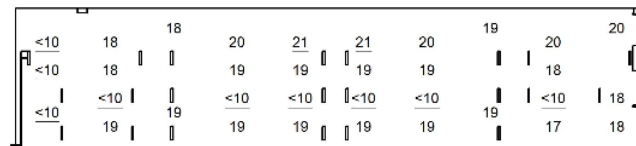


Figura 78. Resultados UGR obtenidos Dialux en zona exposición Z2 (0,6 m), dirección oeste.

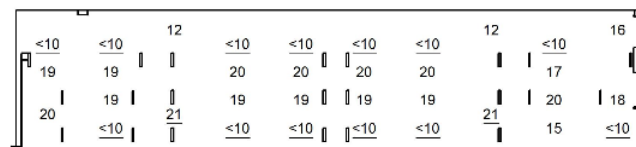


Figura 79. Resultados UGR obtenidos Dialux en zona exposición Z2 (0,6 m), dirección sur.

En todos los casos el índice de deslumbramiento UGR es como máximo 22, que es el valor máximo permitido por la norma, por lo que el diseño también cumple con el deslumbramiento permitido.

### 7.3.2.1.2 Zona de cajas y mesa de envolver.

Ahora se va estudiar, al igual que con la zona de ventas, los valores que se obtienen de iluminancia y de deslumbramiento para la zona de cajas y mesa de envolver. En estas zonas los valores según normativa difieren de los vistos anteriormente siendo para el caso de nivel de iluminancia mínima de 500 lux, y de deslumbramiento máximo permitido 19. En esta zona ya no es necesario el plano de trabajo a 0,60 m, sino que la altura de trabajo va a ser de 1,20 m, que equivale a una persona sentada en una zona de cajas.

Plano de trabajo/útil: 1,20m

En este caso el gráfico de valores de iluminancia media en distintos puntos de estas zonas es:

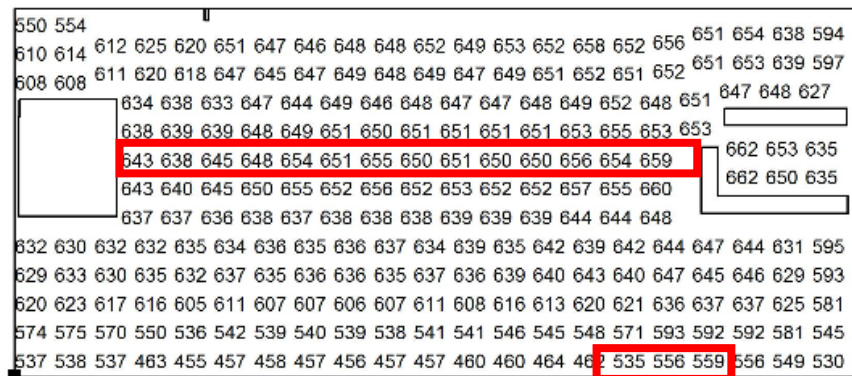


Figura 80. Resultados  $E_m$  obtenidos Dialux en zona cajas y mesa envolver (1,2 m).

Se observa que en todos ellos se superan los 500 lux, por lo que la  $E_m$  también cumpliría con la establecida por la norma.

En cuanto al deslumbramiento, los resultados obtenidos son:

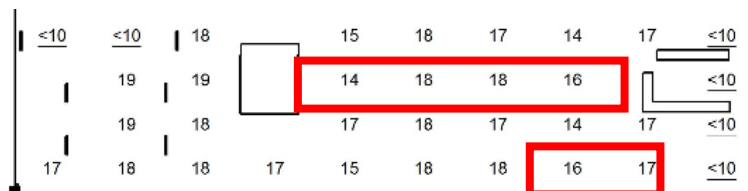


Figura 81. Resultados UGR obtenidos Dialux en zona caja y mesa envolver (1,2 m), dirección este.

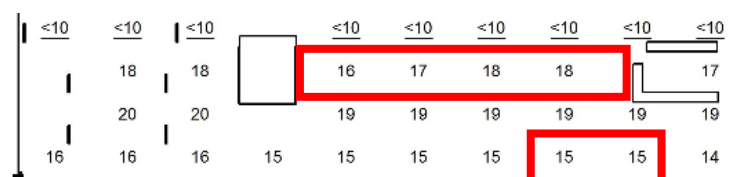


Figura 82. Resultados UGR obtenidos Dialux en zona caja y mesa envolver (1,2 m), dirección norte.

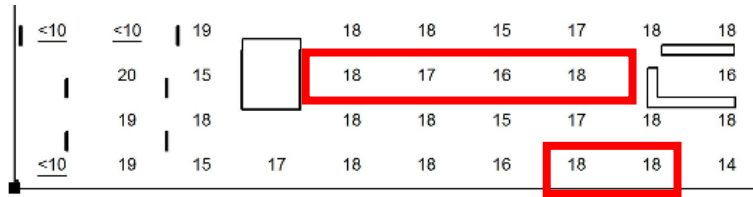


Figura 83. Resultados UGR obtenidos Dialux en zona caja y mesa envolver (1,2 m), dirección oeste.

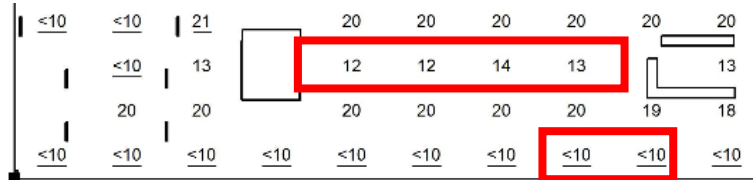


Figura 84. Resultados UGR obtenidos Dialux en zona caja y mesa envolver (1,2 m), dirección sur.

Todos inferiores a los 19 establecidos por la normativa como valor máximo.

### 7.3.2.1.3 Zona de ventas, plano de trabajo 1,5m.

No es necesario ver la iluminancia media a esta altura de trabajo, puesto que se ha visto que a 0,60 m desde el suelo ya se cumple con lo establecido en la norma, y resulta que a más altura del suelo, y por lo tanto más cerca de las luminarias, la iluminancia es mayor, esto último además de lógico se ha comprobado en la zona de cajas y mesa de envolver cuyo plano era a 1,20 m.

Lo que sí que se debe de comprobar es los resultados de deslumbramiento en un plano de trabajo de 1,50m para todas las zonas, venta/exposición, cajas y mesa de envolver.

Plano de trabajo/útil: 1,50m

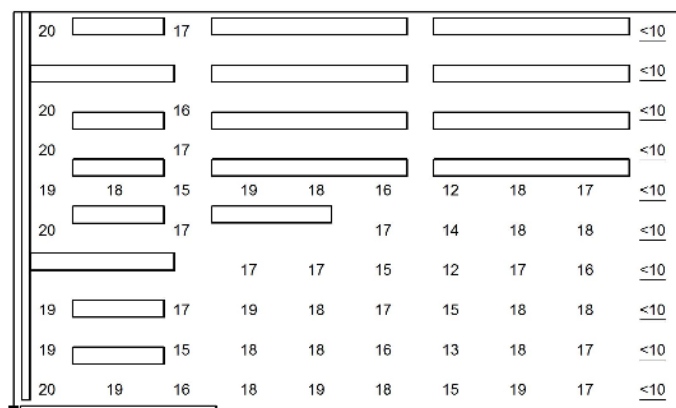


Figura 85. Resultados UGR obtenidos Dialux en Z1 (1,5 m), dirección este.

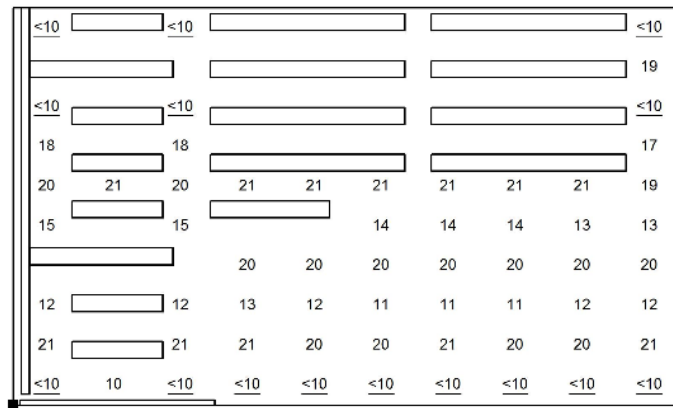


Figura 86. Resultados UGR obtenidos Dialux en zona ventas Z1 (1,5 m), dirección norte.

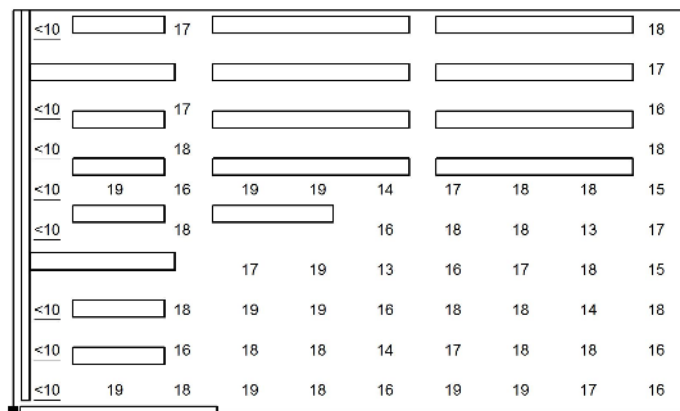


Figura 87. Resultados UGR obtenidos Dialux en zona ventas Z1 (1,5 m), dirección oeste.

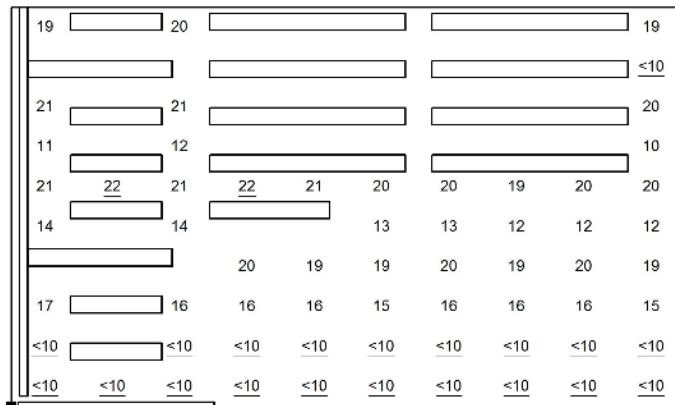


Figura 88. Resultados UGR obtenidos Dialux en zona ventas Z1 (1,5 m), dirección sur.

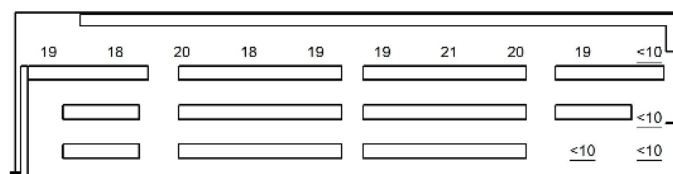
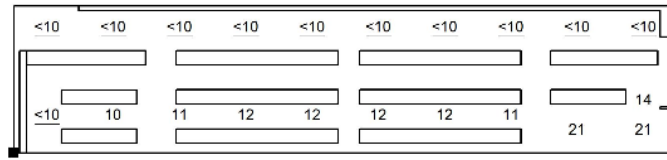
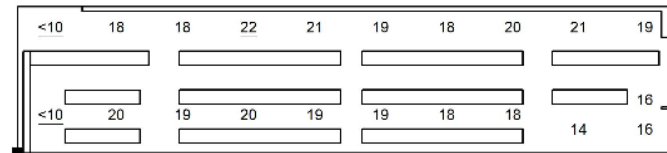


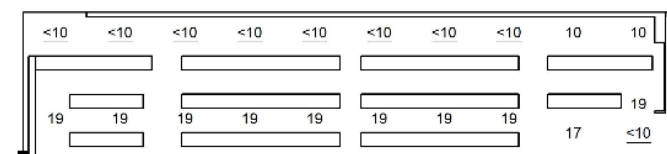
Figura 89. Resultados UGR obtenidos Dialux en zona ventas Z2 (1,5 m), dirección este.



**Figura 90. Resultados UGR obtenidos Dialux en zona ventas Z2 (1,5 m), dirección norte.**



**Figura 91. Resultados UGR obtenidos Dialux en zona ventas Z2 (1,5 m), dirección oeste.**



**Figura 92. Resultados UGR obtenidos Dialux en zona ventas Z2 (1,5 m), dirección sur.**

### 7.3.2.1 Luz Natural.

Para el caso de la luz natural lo importante va a ser como se diseñan las claraboyas/lucernarios en cada una de las naves. Al introducir en el programa las claraboyas y lucernarios hay que indicar una serie de datos para caracterizar la geometría y características de estos.

Datos introducidos en Dialux relativo a claraboyas/lucernarios:

En todos los casos:

**Figura 93. Datos introducidos Dialux factores de luz diurna.**

Para el caso de claraboyas (Nave 1 y 2):

Tragaluz	
Cubierta en diente de sierra	No
Longitud de entrada de luz [m]	1.80
Anchura de entrada de luz [m]	1.80
Altura de pozo de luz [m]	0.30
Inclinación del pozo de luz	90°

**Figura 94. Datos introducidos Dialux característica claraboyas naves 1 y 2.**

Para el caso de lucernario en diente de sierra (Nave 3):

Traqaluz	
Cubierta en diente de sierra	Sí
Superficie alta con entrada de luz	3.50
Altura de entrada de luz [m]	3.50
Inclinación del cristal	90°
Inclinación del pozo de luz	45°

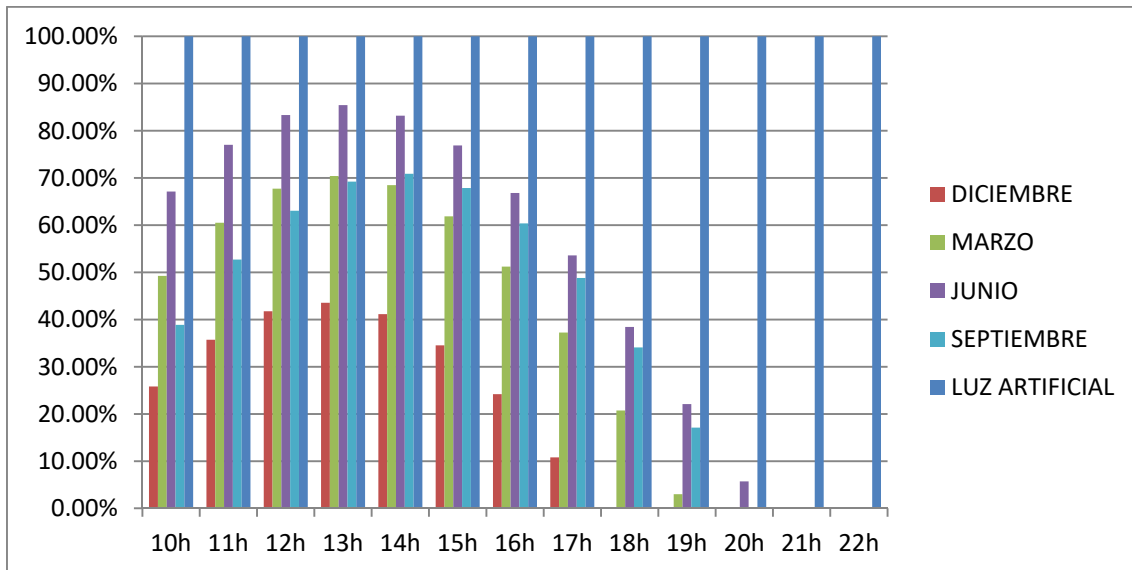
**Figura 95. Datos introducidos Dialux característica lucernarios nave 3.**

El horario de apertura del local es de 10h a 22h, por lo que se estudia la entrada de luz natural en cada una de las horas en la que permanece abierto. Además se estudiará en las cuatro estaciones del año, considerándose el peor de los casos, que es que el cielo esté nublado.

A continuación, a modo de gráficos se representan los resultados obtenidos para cada una de las naves, en las condiciones establecidas.

#### Nave 1:

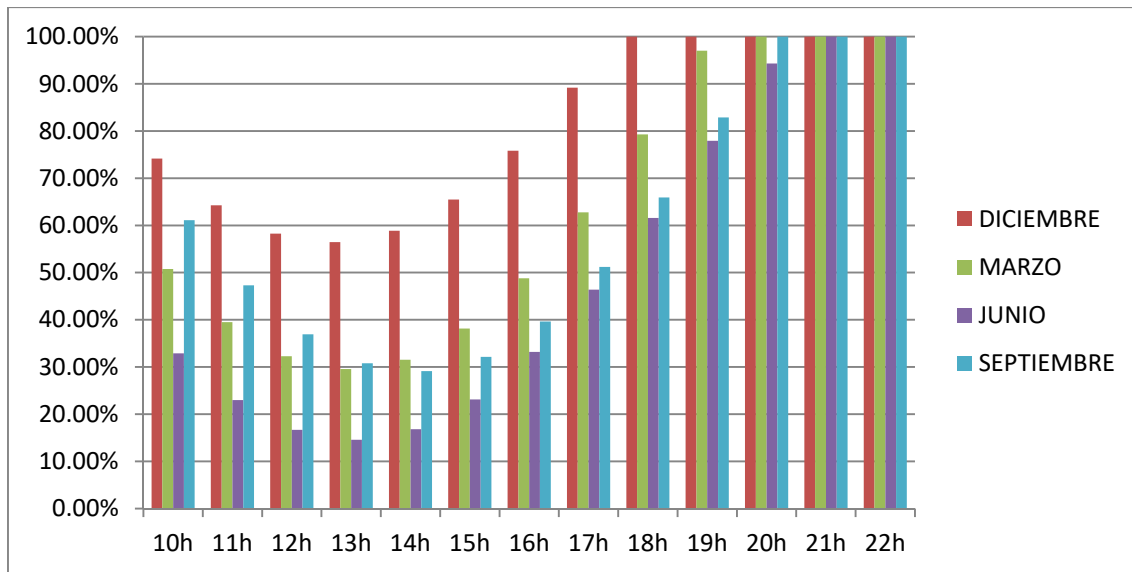
Porcentaje de luz natural aportado respecto al 100% de la luz artificial:



**Gráfico 3. Luz natural aportada en la nave 1, según resultados obtenidos de Dialux, elaboración propia.**



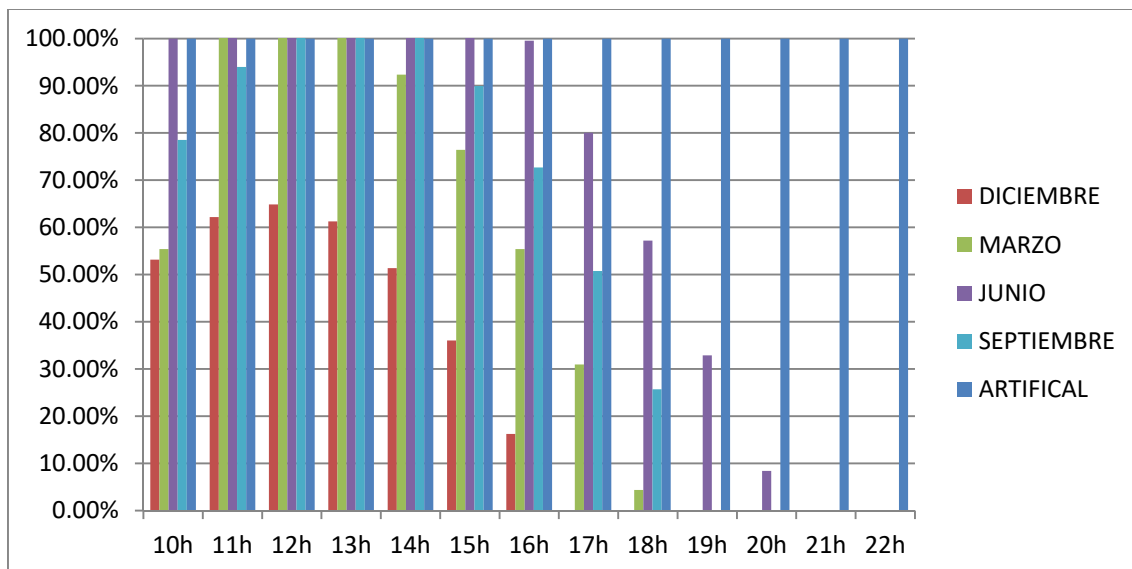
Porcentaje de luz artificial necesario para alcanzar el nivel de iluminación obtenido con el 100% de luz artificial.



**Gráfico 4.** Luz artificial necesaria en la nave 1, según resultados obtenidos de Dialux, elaboración propia.

## Nave 2:

Porcentaje de luz natural aportado respecto al 100% de la luz artificial:



**Gráfico 5.** Luz natural aportada en la nave 2, según resultados obtenidos de Dialux, elaboración propia.

Porcentaje de luz artificial necesario para alcanzar el nivel de iluminación obtenido con el 100% de luz artificial.

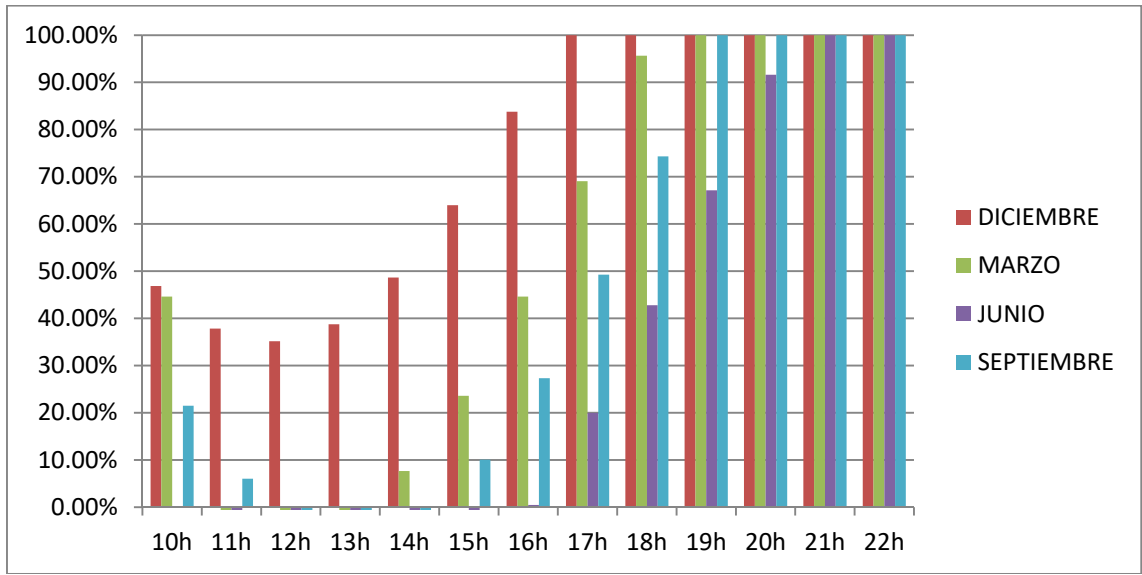


Gráfico 6. Luz artificial necesaria en la nave 2, según resultados obtenidos de Dialux, elaboración propia.

**Nave 3:**

Porcentaje de luz natural aportado respecto al 100% de la luz artificial:

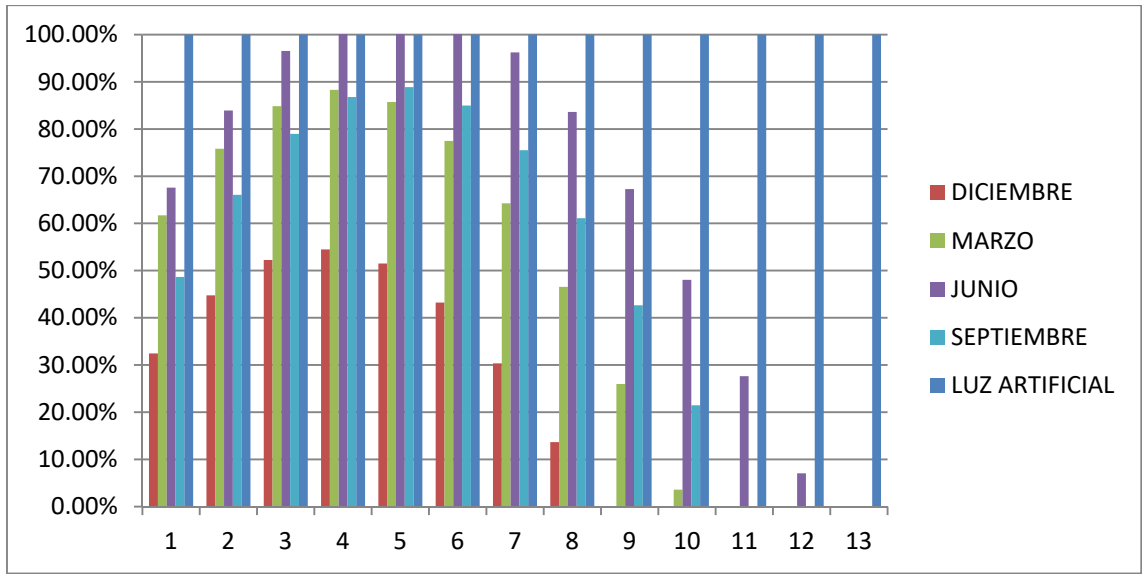
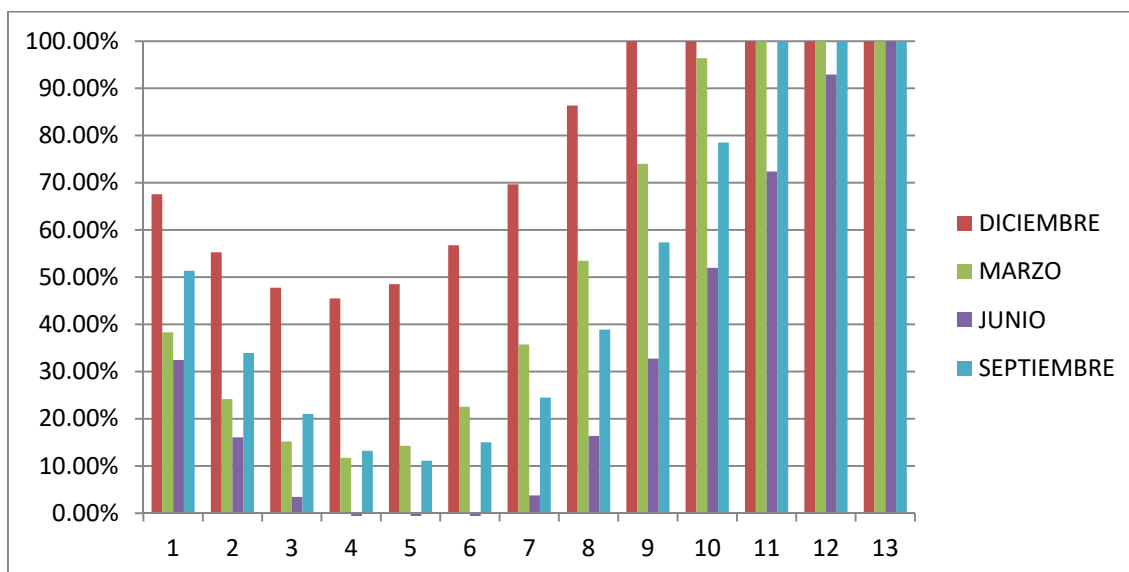


Gráfico 7. Luz natural aportada en la nave 3, según resultados obtenidos de Dialux, elaboración propia

Porcentaje de luz artificial necesario para alcanzar el nivel de iluminación obtenido con el 100% de luz artificial.



**Gráfico 8. Luz artificial necesaria en la nave 3, según resultados obtenidos de Dialux, elaboración propia.**

Como se ha indicado en el punto de luz artificial, la instalación es la misma para cada una de las tres tipologías de naves, por lo que la potencia total de luz artificial instalada es la misma. Pero según el aprovechamiento que puede hacer cada tipología de luz natural, el consumo de luz artificial va a ser diferente en cada una de ellas. A continuación se indica, para cada una de las naves, el porcentaje de luz artificial necesaria y la energía anual consumida en cuanto a la iluminación, considerando que el establecimiento abre durante 12 horas al día, 363 días al año, es decir, un total de 4.356 horas al año.

	Iluminancia media necesaria (lux)	Potencia Total Instalada Luz Artificial (kW)	% de Iluminancia media aportada por Luz Natural	% de Iluminancia media aportada por Luz Artificial	Potencia Total Consumida de Luz Artificial (kW)	Energía Consumida Total anual (kWh)
<b>Nave 1</b>	666,00	15,7248	37,12%	62,88%	9,8870	<b>43.067,89</b>
<b>Nave 2</b>	666,00	15,7248	52,15%	47,85%	7,5250	<b>32.779,06</b>
<b>Nave 3</b>	666,00	15,7248	47,80%	52,20%	8,2079	<b>35.753,77</b>

**Tabla 23. Energía Consumida anual en iluminación para cada una de las naves, elaboración propia.**

Se observa que para el caso de la tipología de la nave 1, en cuanto a iluminación, va a ser la que mayor consumo energético tenga, dado que su aporte medio anual de luz natural es menor respecto a las otras dos tipologías. Por otro lado, es la nave 2 la que presenta un mayor ahorro energético de iluminación.

### 7.3 Cumplimiento HE3: Eficiencia Energética de las Instalaciones de Iluminación.

Ahora hay que ver si la instalación diseñada de luz artificial cumple con la normativa del CTE de eficiencia energética de las instalaciones de iluminación, siendo necesario para tal cumplimiento el comprobar que ciertos factores se encuentren dentro de los límites que la norma indica.

### 7.4.1 Valor de Eficiencia Energética de la Instalación (VEEI):

En primer lugar se determina la eficiencia energética de la iluminación a través del VEEI (valor de eficiencia energética de la instalación) el cual es por cada 100 lux y de unidades W/m<sup>2</sup>.

La expresión a través de la cual obtendremos este valor de VEEI es:

$$VEEI = \frac{P \times 100}{S \times E_m}$$

Donde,

- P= la potencia de la lámpara más el equipo auxiliar en W
- S= superficie iluminada en m<sup>2</sup>
- E<sub>m</sub>= iluminancia media horizontal mantenida en lux

El valor límite que se tiene de VEEI va en función de la actividad desarrollada en la zona o superficie en la que se está estudiando, siendo para el caso de estudio, según tabla 2.1. del CTE DB HE3, dentro de “supermercados, hipermercados y grandes almacenes”, de 5,0 W/m<sup>2</sup>.

Con los cálculos realizados con Dialux tendremos que la potencia total instalada es:

$$P_{\text{tot}} = 156 \text{ lámparas} \times 100,8 \text{ w/ud} = 15.724,80 \text{ W}$$

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	156	ETAP E7211/LED2N064100S (1.000)	10252	10250	100.8
Total:			1599302	1599000	15724.8

Siendo la superficie total iluminada de la zona de ventas de : Stot= 2.446,88 m<sup>2</sup>

Con una E<sub>m</sub>= 666 lux

$$VEEI = \frac{15.724,8 \times 100}{2.446,88 \times 666} = 0,96 \text{ W/m}^2 < 5 \text{ W/m}^2$$

En caso de calcular este valor con la E<sub>m</sub> media teniendo en cuenta el mobiliario (E<sub>m</sub>=456 lux) también obtendríamos un valor de VEEI=1,41 w/m<sup>2</sup> igualmente inferior al VEEI límite.

### 7.4.2. Potencia instalada en edificio.

Por otro lado también se tiene que cumplir el valor máximo de potencia total instalada por superficie, según los valores indicados en la tabla 2.2 según el uso del edificio.

En este caso al ser de uso comercial, el límite de Potencia Máxima de iluminación total instalada por superficie es de 15 W/m<sup>2</sup>.

$$P_{\text{max}} = \frac{15.724,8}{2.421} = 6,50 \text{ W/m}^2 < 15 \text{ W/m}^2$$

Para este caso también se cumple con la normativa.

## 7.5 Sistemas de control y regulación

La instalación posee un sistema de control innovado desarrollado por ETAP, en el que es la propia luminaria la que posee un sensor de luz natural, lo que hace posible el control de forma individual de cada una de ellas en función de la luz percibida según el lugar en el que se encuentre instalada.

Existen varios tipos de sistemas de control desarrollado para estas luminarias, y el que se requiere para esta instalación puede ser el simple, que regula la luz artificial en función de la cantidad de luz natural existente de forma individual para cada iluminaria, o incorporándolo en un sistema centralizado de control.

Además, el control de luz natural está integrado en la propia luminaria, y no sólo decide si apaga o no la luminaria, sino que también la regula en función de los lúmenes que se necesitan dependiendo de la luz natural existente. Esto hace que lo percibido por el usuario sea en todo momento un flujo uniforme de luz.



**Figura 96. Funcionamiento Sistema control natural en luminarias ETAP**

ETAP ofrece diferentes sensores, están los normales de luz natural (ELS), otros específicos para grandes alturas, o un sensor combinado (EMD) que además de la luz natural contiene sensor de movimiento. La marca también da la opción de diseñar un sistema específico según las necesidades del cliente.



**Figura 97. Integración de sensor de luz natural en luminarias ETAP**

## 8. INSTALACION DE CLIMATIZACIÓN

### 8.1. Introducción

Las instalaciones térmicas correspondientes a un edificio comprenden, por un lado a la instalación propia de climatización (en la que se incluye: refrigeración, calefacción y ventilación), y por otro lado a la producción de agua caliente sanitaria (ACS).

Lo que se pretende al climatizar un local es mantener un confort de sus ocupantes en función de la actividad que éstos realizan. Para ello se ha de ejercer un control de temperatura y de la humedad y ha de cumplirse con unos mínimos determinados, en función del uso del establecimiento, de la calidad térmica del ambiente, de la calidad del aire interior, así como de la calidad en la dotación de agua caliente sanitaria.

Lo que se va a abordar en este estudio es únicamente la climatización de cada una de las naves, dado que la ventilación va a ser la misma en los tres casos, pues esta depende del número de ocupantes. Tampoco se va a estudiar la instalación de ACS, pues por la actividad que se trata no se considera relevante.

Para realizar un diseño de un sistema de climatización hay que considerar diversos factores. Por un lado están las condiciones exteriores, en las que se va a obtener parámetros como la temperatura y humedad exterior, la velocidad y dirección del viento, importante para conocer las infiltraciones que podemos tener de aire exterior, o la ubicación del edificio, que influye en la radiación solar recibida. Con estas condiciones exteriores se van a calcular las cargas térmicas que obtenemos por la transmisión de calor a través de los diferentes materiales que componen la envolvente del edificio y por infiltraciones de aire exterior. Otros factores internos del edificio como son, temperatura y humedad interior requerida, la ventilación, número y actividad de los ocupantes, iluminación, equipación, etc. también aportan cargas térmicas que, junto con las anteriores, se obtiene el total de la demanda de carga del edificio que hay que cubrir con un sistema de climatización adecuado.

Para comenzar se indicará los datos iniciales, tanto de condiciones exteriores como interiores, de cálculo que será común a los tres diseños. Posteriormente se realizará los cálculos de cargas necesarias para cada nave, y se diseñará un sistema de climatización acorde con las necesidades. Todo el diseño y cálculos se realizarán cumpliendo con la normativa existente, RITE y CTE.

Por la situación en la que se encuentra el establecimiento, pues en verano hay temperaturas muy altas, mientras que el invierno suele ser más bien suaves, con temperaturas que raramente bajan de los 4°C, se van a considerar únicamente las cargas térmicas en verano por ser las más desfavorables. Así que el diseño del sistema de climatización para cada una de las naves se dimensionará de modo que sea capaz de satisfacer y cubrir la demanda térmica calculada en refrigeración.



## 8.2. Datos de diseño.

### 8.2.1 Características de Uso.

Como se ha indicado en el comienzo del presente estudio, el establecimiento está destinado a la comercialización y venta de pequeños electrodomésticos. Existe una zona destinada a ventas y otras a oficinas y almacén. Al igual que se ha hecho en el diseño lumínico, la climatización se va a diseñar para la zona de ventas, que es la que va a ser distinta para cada una de las tipologías definidas, tal y como se verá en puntos siguientes.

### 8.2.2 Zona climática.

Para indicar a qué zona climática pertenece el edificio según establece el CTE, se utiliza la tabla B.1 del apéndice B de dicho reglamento. Cartagena se encuentra en la zona climática **B3**.

Zonas climáticas Península Ibérica																		
Capital	Z.C.	Altitud	A4	A3	A2	A1	B4	B3	B2	B1	C4	C3	C2	C1	D3	D2	D1	E1
Albacete	D3	677										h < 450			h < 950			h ≥ 950
Alicante/Alacant	B4	7					h < 250					h < 700			h ≥ 700			
Almería	A4	0	h < 100				h < 250	h < 400				h < 800			h ≥ 800			
Ávila	E1	1054														h < 550	h < 850	h ≥ 850
Badajoz	C4	168									h < 400	h < 450			h ≥ 450			
Barcelona	C2	1											h < 250			h < 450	h < 750	h ≥ 750
Bilbao/Bilbo	C1	214												h < 250			h ≥ 250	
Burgos	E1	861															h < 600	h ≥ 600
Cáceres	C4	385									h < 600				h < 1050			h ≥ 1050
Cádiz	A3	0		h < 150				h < 450				h < 600	h < 850			h ≥ 850		
Castellón/Castelló	B3	18						h < 50				h < 500			h < 600	h < 1000		h ≥ 1000
Ceuta	B3	0						h < 50										
Ciudad Real	D3	630									h < 450	h < 500			h ≥ 500			
Córdoba	B4	113					h < 150				h < 550				h ≥ 550			
Coruña, La/ A Coruña	C1	0												h < 200			h ≥ 200	
Cuenca	D2	975													h < 800	h < 1050		h ≥ 1050
Gerona/Girona	D2	143											h < 100		h < 600	h < 600		h ≥ 600
Granada	C3	754	h < 50				h < 350				h < 600	h < 800			h < 1300			h ≥ 1300
Guadalajara	D3	708													h < 950	h < 1000		h ≥ 1000
Huelva	A4	50	h < 50				h < 150	h < 350				h < 800			h ≥ 800			
Huesca	D2	432										h < 200			h < 400	h < 700		h ≥ 700
Jaén	C4	436					h < 350				h < 750				h < 1250			h ≥ 1250
León	E1	346																h < 1250
Lérida/Lleida	D3	131										h < 100			h < 600			h ≥ 600
Logroño	D2	379											h < 200		h < 700			h ≥ 700
Lugo	D1	412														h < 500	h ≥ 500	
Madrid	D3	589										h < 500			h < 950	h < 1000		h ≥ 1000
Málaga	A3	0					h < 300					h < 700			h ≥ 700			
Malilla	A3	130																
Murcia	B3	25						h < 100				h < 550			h ≥ 550			
Orense/Ourense	D2	327										h < 150	h < 300		h < 800			h ≥ 800
Oviedo	D1	214												h < 50			h < 550	h ≥ 550
Palencia	D1	722															h < 800	h ≥ 800

Tabla 24. Zonas climáticas de la península ibérica, tabla B.1 CTE HE1 apéndice B

### 8.2.3 Condiciones exteriores de cálculo.

Para estos datos se va a utilizar la Guía Técnica de condiciones climáticas exteriores para proyecto del IDEA (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía).

Para la ciudad de Cartagena tenemos los siguientes datos:

Provincia		Estación		Indicativo			
Murcia		Cartagena (Ciudad)		7012C			
UBICACIÓN: CENTRO CIUDAD			Nº DE OBSERVACIONES Y PERIODO				
a.s.n.m. (m)	Lat.	Long.	T seca	Hum. relativa	T terreno	Rad	
17	37°36'08"	00°59'12"W	87.600 (1998-2007)	(1) 87.600 (1998-2007)			
CONDICIONES PROYECTO CALEFACCIÓN (TEMPERATURA SECA EXTERIOR MÍNIMA)							
TSMIN (°C)	TS_99,6 (°C)	TS_99 (°C)	OMDC (°C)	HUMcoin (%)	OMA (°C)		
2,1	5,9	7,1	9,0	79	26,4		
CONDICIONES PROYECTO REFRIGERACIÓN (TEMPERATURA SECA EXTERIOR MÁXIMA)							
TSMAX (°C)	TS_0,4 (°C)	THC_0,4 (°C)	TS_1 (°C)	THC_1 (°C)	TS_2 (°C)	THC_2 (°C)	OMDR (°C)
36,9	32,3	24,1	31,3	24,0	30,3	23,9	9,1
CONDICIONES PROYECTO REFRIGERACIÓN (TEMPERATURA HÚMEDA EXTERIOR MÁXIMA)							
TH_0,4 (°C)	TSC_0,4 (°C)	TH_1 (°C)	TSC_1 (°C)	TH_2 (°C)	TSC_2 (°C)		
26,3	29,9	25,8	29,5	25,2	29,1		
VALORES MEDIOS MENSUALES							
Mes	TA (°C)	TASOL (°C)	GD_15 (°C)	GD_20	GDR_20	RADH (kWh/m² día)	TTERR (°C)
Enero	12,9	14,5	82	221	0		
Febrero	13,6	15,1	55	180	1		
Marzo	15,7	16,8	28	137	3		
Abril	17,5	18,6	9	83	7		
Mayo	20,5	21,5	1	28	43		
Junio	24,3	25,6	0	2	132		
Julio	26,6	27,8	0	0	205		
Agosto	27,1	28,2	0	0	220		
Septiembre	24,7	26,0	0	1	142		
Octubre	21,3	22,7	0	18	58		
Noviembre	16,4	18,0	24	113	6		
Diciembre	13,7	15,2	63	195	0		

**Tabla 25. Condiciones climáticas exteriores para proyecto, Guía Técnica IDEA (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía).**

Por lo que se toma como temperaturas exteriores de cálculo las siguientes:

<b>Refrigeración</b>	Tº seca exterior verano	31,3º C
<b>Calefacción</b>	Tº seca exterior invierno	7,1º C

**Tabla 26. Temperaturas exteriores de cálculo.**

Consideraremos una humedad media del 60%.

## 8.2.4 Condiciones interiores de cálculo.

Según la instrucción técnica IT.1 del Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE), dentro de las exigencias de bienestar e higiene, se obtiene una calidad térmica satisfecha si los parámetros de temperatura operativa y humedad relativa se encuentran dentro de los siguientes valores:

Estación	Tº operativa (º C)	Humedad relativa (%)
Verano	23-25	45-60
Invierno	21-23	40-50

**Tabla 27. Condiciones interiores de diseño, tabla 1.4.1.1 RITE IT1**

Por otro lado el RITE contiene una instrucción técnica (IT 3.8) de limitación de temperaturas para algunos usos, siendo uno de ellos el comercial, tal y como viene indicado en el apartado 2 de la IT 3.8.1. Dentro del apartado 1 de la IT 3.8.2, se indica que los valores límite de la temperatura del aire dentro de la zona de ventas no debe ser superior a los 21°C en el caso de la calefacción, ni inferior de 26°C para el caso de la refrigeración. Por lo que se van a tomar estos valores como límites de condiciones interiores de cálculo.

<b>Tº verano</b>	26°C
<b>Tº invierno</b>	21°C

**Tabla 28. Temperaturas interiores de cálculo.**

La humedad interior que se va a establecer como condición va a ser del 50%.

### **8.2.5 Características de los Cerramientos, valores de transmitancia U (W/m² °C)**

Para el cálculo de cargas es muy importante la transmitancia térmica que poseen los materiales que componen la envolvente del edificio, además de estar influenciada dicha carga no solo por el tipo de material o materiales del que se compone, sino también por la orientación.

En este apartado se van a establecer los coeficientes de transmisión para cada uno de los materiales que componen los distintos cerramientos de las naves. Estos valores se van a sacar principalmente de información obtenida por distintos fabricantes de los materiales indicados, a excepción de la solera, que se ha elegido según el valor indicado en el CTE, como se ve a continuación.

- **Solera:**

Para el cálculo de la transmitancia térmica de la solera se hace uso de lo que contempla el CTE, apartado 2 de su documento de apoyo DA DB HE 1, sobre cálculo de los parámetros característicos de la envolvente.

Para el caso de suelos en contacto con el terreno, el CTE considera dos casos según la posición de la solera respecto al nivel del terreno. Al estar la solera de las tres naves, a nivel del terreno estamos en el caso 1. La transmitancia en este caso depende de unos parámetros cuyos valores considerados se reflejan en la siguiente tabla, donde:

D: es el ancho de la banda del aislamiento perimétrico de la solera. Se considera, siguiendo el criterio del peor de los casos, que no existe ningún aislamiento.

R<sub>a</sub>: es la resistencia térmica del material del que está compuesto la solera, la cual vamos a considerar también nula.

B': es la longitud característica de la solera, cuya expresión de cálculo es:  $\frac{A}{\frac{1}{2}P}$ , donde A es el área de la solera y P el perímetro expuesto de la solera.

Aplicando los valores de la solera de las naves A= 2.776,12 m²; P= 106,44 m, tendremos un valor de B' de 26.

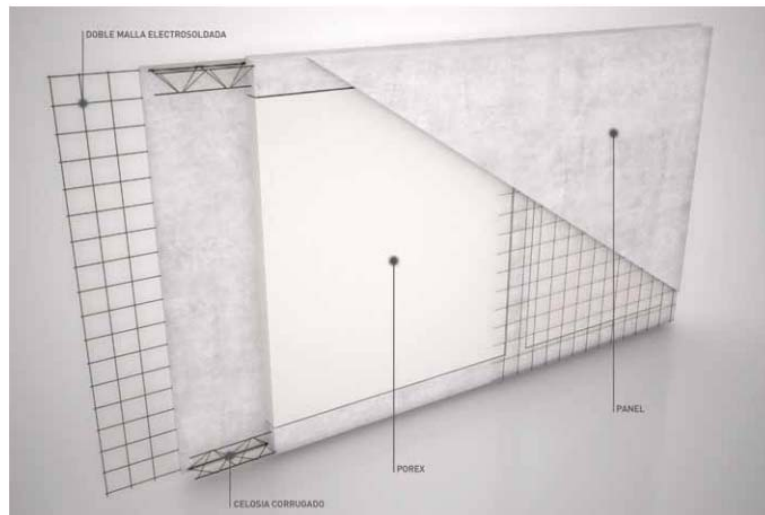
En la tabla 3 de transmitancia térmica del documento del CTE al que se está haciendo referencia, para un D y Ra 0 y un B' 26, se obtiene un valor de transmitancia para la solera de 0,30 W/m<sup>2</sup> °C.

B'	Ra	D = 0.5 m					D = 1.0 m					D ≥ 1.5 m				
		Ra (m <sup>2</sup> ·K/ W)					Ra (m <sup>2</sup> ·K/ W)					Ra (m <sup>2</sup> ·K/ W)				
	0,00	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50
1	2,35	1,57	1,30	1,16	1,07	1,01	1,39	1,01	0,80	0,66	0,57	-	-	-	-	-
2	1,56	1,17	1,04	0,97	0,92	0,89	1,08	0,89	0,79	0,72	0,67	1,04	0,83	0,70	0,61	0,55
3	1,20	0,94	0,85	0,80	0,78	0,76	0,88	0,76	0,69	0,64	0,61	0,85	0,71	0,63	0,57	0,53
4	0,99	0,79	0,73	0,69	0,67	0,65	0,75	0,65	0,60	0,57	0,54	0,73	0,62	0,56	0,51	0,48
5	0,85	0,69	0,64	0,61	0,59	0,58	0,65	0,58	0,54	0,51	0,49	0,64	0,55	0,50	0,47	0,44
6	0,74	0,61	0,57	0,54	0,53	0,52	0,58	0,52	0,48	0,46	0,44	0,57	0,50	0,45	0,43	0,41
7	0,66	0,55	0,51	0,49	0,48	0,47	0,53	0,47	0,44	0,42	0,41	0,51	0,45	0,42	0,39	0,37
8	0,60	0,50	0,47	0,45	0,44	0,43	0,48	0,43	0,41	0,39	0,38	0,47	0,42	0,38	0,36	0,35
9	0,55	0,46	0,43	0,42	0,41	0,40	0,44	0,40	0,38	0,36	0,35	0,43	0,39	0,36	0,34	0,33
10	0,51	0,43	0,40	0,39	0,38	0,37	0,41	0,37	0,35	0,34	0,33	0,40	0,36	0,34	0,32	0,31
12	0,44	0,38	0,36	0,34	0,34	0,33	0,36	0,33	0,31	0,30	0,29	0,36	0,32	0,30	0,28	0,27
14	0,39	0,34	0,32	0,31	0,30	0,30	0,32	0,30	0,28	0,27	0,27	0,32	0,29	0,27	0,26	0,25
16	0,35	0,31	0,29	0,28	0,27	0,27	0,29	0,27	0,26	0,25	0,24	0,29	0,26	0,25	0,24	0,23
18	0,32	0,28	0,27	0,26	0,25	0,25	0,27	0,25	0,24	0,23	0,22	0,27	0,24	0,23	0,22	0,21
≥20	0,30	0,26	0,25	0,24	0,23	0,23	0,25	0,23	0,22	0,21	0,21	0,25	0,22	0,21	0,20	0,20

Tabla 29. Transmitancia térmica suelos en contacto con el terreno, tabla 3 DA DB HE 1

- Cerramiento vertical exterior:**

Se ha elegido de la marca Tecnyconta. Está compuesto por placas de hormigón prefabricado de 16 cm de espesor total, con poliestireno expandido como aislante térmico en su interior (4/8/4), con una transmitancia térmica de 0,511 W/m<sup>2</sup> °C.

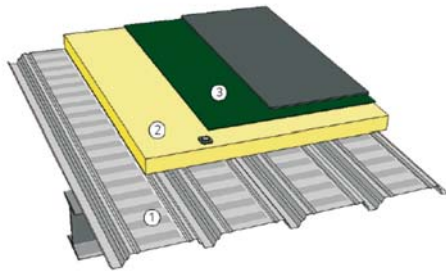


Tipo de panel (espesor en cm)	MASA (Kg/m <sup>2</sup> )	Distribución hormigón/Porex/hormigón	Aislante térmico (W/m <sup>2</sup> °C)	Aislante acústico ruido aéreo (dBA)	Aislante acústico ruido por impacto (dBA)	Resistencia al fuego EI (minutos)
16 con aislante	200	4/8/4	0,511	45,49	83,46	30

Figura 98. Transmitancia térmica cerramiento exterior, Tecnyconta

- **Cubierta:**

Para el caso de la nave 1 se ha elegido una cubierta tipo deck con una transmitancia de 0,64 W/m<sup>2</sup> K

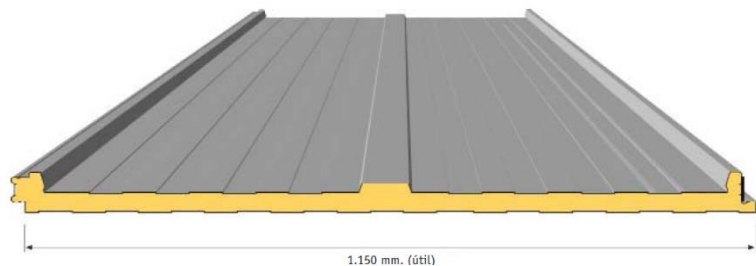
**Descripción del sistema**

1. Perfil Hacierco gama deck
2. Aislamiento
3. Membrana bituminosa multicapas

Sistema	Aislamiento acústico	Absorción acústica	Transmitancia térmica	Factor de temperatura en la superficie	Peso
	R <sub>w</sub> (C ; C <sub>tr</sub> ) dB	α <sub>w</sub>	U W/(m <sup>2</sup> .K)	f <sub>Rsi</sub>	Kg/m <sup>2</sup>
IN 210 F	46 (-1 ; -6)	-	0,26	0,97	47
IN 210 E	43 (-2 ; -7)	-	0,36	0,96	38
IN 210 A	40 (-2 ; -7)	-	0,64	0,94	24

**Figura 99. Transmitancia térmica cerramiento cubierta nave 1.**

Para el caso de las naves 2 y 3 la cubierta es tipo panel sándwich con un espesor de 40 mm de aislamiento, y la transmitancia es de 0,53 W/m<sup>2</sup> K



MATERIAL BASE		NORMATIVA
Espesor de acero	0,6 (ext.)/ 0,4 (int)	EN 10143
Tipo de protección	Galvanizado	EN 10346
	Galvanizado-Prelacado	EN 10169
Clasificación fuego	B s2 d0 bajo pedido	EN 13501-1
Espesor panel	30/40/50/80 mm	
Prelacado	Matiz colorissime	

DATOS TÉCNICOS			
ESPESOR NOMINAL mm	TÉRMICO W/m <sup>2</sup> K	MASA Kg/m <sup>2</sup>	VOLUMEN EMPAQUETADO m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>
30	0,68	10,0	22
40	0,53	10,5	18
50	0,43	11,0	15
80	0,27	12,5	10

**Figura 100. Transmitancia térmica cerramiento cubierta naves 2 y 3.**

- **Puertas de entrada y cerramiento acristalado en fachada:**

El acceso a la nave está formado por dos puertas correderas acristaladas, de dimensión total 1,6x3 m, perfiles de aleación de aluminio 6063 con tratamiento térmico T-5, marco y hoja de sección de 45 mm. Los cerramientos acristalados cuentan con carpintería de aluminio de alta calidad.

El vidrio, tanto de la puerta como el resto del cerramiento acristalado, está compuesto por cristales de seguridad además de atenuadores de ruido tipo STADIP SILENCE de Saint Gobain, formado por vidrios de 6+4 mm de espesor, unidos por una materia plástica de butirol de polivinilo acústico.

SGG STADIP SILENCE											
COMPOSICIÓN		33.1	44.1	55.1	64.1	66.1	33.2	44.2	55.2	64.2	66.2
Espesor	mm	6	8	10	10	12	7	9	11	11	13
Peso	kg/m²	15,5	20,5	25,5	25,5	30,5	16	21	26	26	31
Factores luminosos											
TL	%	88	87	86	86	85	88	87	86	86	85
RL ext.	%	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
RL int.	%	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
UV Tuv	%	2	2	2	2	2	<1	<1	<1	<1	<1
Factores energéticos											
TE	%	74	71	68	68	65	72	69	66	66	64
RE ext.	%	7	7	7	7	6	7	7	7	7	6
RE int.	%	7	7	7	7	6	7	7	7	7	6
AE	%	19	22	25	25	28	21	24	27	27	30
Factor solar g		0,79	0,77	0,74	0,74	0,72	0,78	0,75	0,73	0,73	0,71
Shading coefficient		0,93	0,91	0,89	0,89	0,87	0,91	0,89	0,88	0,86	0,86
Coefficiente U	W/m²K	5,70	5,70	5,60	5,60	5,50	5,70	5,70	5,60	5,60	5,50
Índice de atenuación acústica											
RW	dB	35	37	38	38	39	35	37	38	38	39
C	dB	0	-1	0	-1	0	0	0	0	0	0
Ctr	dB	-3	-3	-2	-3	-2	-3	-3	-2	-2	-2
RA	dB	35	36	38	37	39	35	37	38	38	39
RA tr	dB	32	34	36	35	37	32	34	36	36	37

**Figura 101. Transmitancia térmica cerramiento acristalamiento puerta y vidrios de entrada.**

En la IT 3.8 del RITE nombrada anteriormente para la determinación de temperaturas interiores a tener en cuenta, también indica en su apartado IT 3.8.4 sobre aperturas de puertas, que las puertas de acceso que dan directamente a la calle tienen que ser diseñadas de tal modo que garantice su correcto cierre, de modo que no se despilfarre energía. Por ello, las puertas del local en los tres casos de estudio son automáticas y existe una entrada doble, tal y como se observa en planos.

Por la existencia de este vestíbulo, previo a la entrada directa al local, no va a ver una transmitancia directa desde el acristalamiento exterior al interior de la nave, pero sí de forma indirecta, por lo que se ha considerado una minimización de la transmitancia a través del acristalamiento de la fachada, siendo el valor que se va a considerar de **2,5 W/m<sup>2</sup> °C**.

- **Claraboyas y lucernarios:**

Para las claraboyas de las naves 1 y 2 se ha elegido el modelo Europa de Aislux, que está formada por zócalo metálico aislado y una cúpula termo-conformada de policarbonato celular aislante, con reja de seguridad. Siendo su transmitancia térmica de 2,5 W/m<sup>2</sup> °C.





Tipo de cúpula*	Paredes	Transmisión térmica, U	Transmisión de	Clasificación al	Colores
2P - 10 mm	2	3,0	50	B-s1-d0	C,B,O
2P - 16 mm	2	2,5	50	B-s1-d0	C,B,O
3P - 10 mm	3	2,7	52	B-s1-d0	C,B,O
3P - 16 mm	3	2,3	52	B-s1-d0	C,B,O,A,V
3P - 20 mm	3	2,1	52	B-s1-d0	C,B,O

**Figura 102. Transmitancia térmica claraboyas de naves 1 y 2.**

Para los lucernarios de la Nave 3 se ha elegido también la marca Aislux, formados por panel de policarbonato celular coextruido de 20 mm de espesor especialmente diseñados para cubierta tipo dientes de sierra, con una transmitancia de  $1,7 \text{ W/m}^2 \text{ }^{\circ}\text{C}$

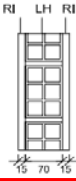

Características	
Aislamiento Térmico 6166	1,8 W/m2K
Aislamiento Térmico 626	1,7 W/m2K
Aislamiento acústico	20 dB
Dilatación lineal	0,065 mm/m $^{\circ}\text{C}$
Temperatura de uso	-40 $^{\circ}$ C + 120 $^{\circ}$ C
Protección contra los rayos U.V.	Coextrusión
Reacción al fuego EN 13501	EuroClass B-s1.d0

**Tabla 30. Transmitancia térmica lucernarios de nave 3.**

- **Particiones Interiores:**

También hay que considerar las particiones interiores con las zonas comunes, oficinas y almacén. Para el valor de la transmitancias de estos cerramientos opacos, se utiliza el catálogo de elementos constructivos del CTE.

Como se describió anteriormente, las particiones interiores están compuestas por fábrica de ladrillo cerámico hueco de 11,5 cm, enfoscado de mortero enlucido de yeso y pintura, por lo que podemos considerar la configuración indicada en el punto 4.4.1.1 del catálogo con el código P1.3

Código	Sección	Hoja de fábrica HF	HE <sup>(7)</sup>	HR <sup>(8)</sup>	
			R (m²K/W)	R <sub>A</sub> (dBA)	m (kg/m²)
P1.1 <sup>(9)</sup>		LH PF	0,21	36 [37]	89 [97]
P1.2 <sup>(9)</sup>		LH GF	0,38	33 [34]	70 [80]
P1.3		LH	0,28	40 [42]	127 [160]

<sup>(7)</sup> Los valores de R expresados en la tabla no incluyen las resistencias térmicas superficiales. Para obtener la resistencia térmica de la solución, sería necesario sumar 0,26 m²K/W al valor expresado en la tabla

**Tabla 31. Elemento base de una hoja, Catálogo elementos constructivos CTE.**

De esta tabla y teniendo en cuenta la nota (7), se obtiene que la resistencia térmica total del conjunto es de 0,54 m² K/W, por lo que la transmitancia térmica es de 1,85 W/m² K.

### 8.3 Cargas térmicas

Existen cargas térmicas debidas a las condiciones exteriores, como son la transmisión de cerramientos opacos y semitransparentes, la infiltración y otras cuya causa surge en el interior del local como son la debida a los ocupantes, la iluminación, los equipos instalados y por la propia instalación de climatización.

#### 8.3.1 Cargas térmicas en Refrigeración:

Para el cálculo de cargas térmicas de **refrigeración**, es decir en verano, se distinguen entre cargas sensibles, debidas a la diferencia de temperaturas y a la radiación térmica, y cargas latentes, debidas a la aportación de humedad al aire.

Dentro de cada una de estas cargas tendremos:

##### Cargas sensibles:

- Transmisión por cerramientos opacos.

La fórmula empleada para esta carga en cada uno de los cerramientos exteriores opacos que tiene el local es:

$$Q = U \times A \times DTE$$

Donde:

Q= es la carga térmica por transmisión a calcular (w).

U= es el coeficiente global de transmisión de cerramiento opaco (w/m² °C).

A= es la superficie del cerramiento expuesta a la diferencia de temperaturas (m²).

DTE= es la diferencia de temperatura existente en el cerramiento considerando la radiación que recibe según la orientación que posee.

- Transmisión por cerramientos semitransparentes.

Se calcula de forma similar al cerramiento opaco, pero en este caso no se considera la radiación solar, ya que esta, al ser muy significativa en este tipo de cerramientos, se calcula aparte como veremos en el punto siguiente, por lo que el último término de su fórmula es simplemente una diferencia de temperaturas.

$$Q = U \times A \times \Delta t$$

- Radiación solar.

Las cargas por radiación atraviesan las superficies traslucidas y transparentes e inciden sobre el interior del local calentándolo, por lo que incrementa la temperatura del ambiente interior.

$$Q = A \times R \times f$$

Donde:

Q= es la carga térmica por radiación solar (w).

A= es la superficie del cerramiento translúcido expuesta a la radiación (m<sup>2</sup>).

R= es la radiación solar que atraviesa un vidrio sencillo, depende de la latitud en la que se encuentra el local (w/m<sup>2</sup>).

f= es el factor de corrección de la radiación, es en función de factores como tipo de vidrio de que se trate, si existen sombras, etc.

- Ventilación o infiltración de aire exterior.

La carga sensible tiene la siguiente fórmula:

$$Q = \dot{V} \times 0,34 \times \Delta t$$

Donde:

Q= es la carga térmica por ventilación o infiltración (w).

$\dot{V}$  = es el caudal de aire infiltrado o de ventilación (m<sup>3</sup>/h).

0,34= es el calor específico del aire en base al volumen (wh/m<sup>3</sup> °C).

At= diferencia de temperaturas entre ambiente exterior e interior (°C).

- Ocupación.

Según la actividad de los usuarios en el local estos emiten un calor sensible, y para el cálculo de carga total hay que tener en cuenta el número de usuarios máximos que se va a tener.

- Iluminación.

La potencia íntegra de las lámparas instaladas se van a transformar en calor sensible, se diferencia según el tipo de lámpara si es incandescente o de descarga, aumentando un 25% más de carga de iluminación para el caso de tipo descarga.

Lámparas incandescentes

$$Q = Pot(w)$$

Lámparas de descarga

$$Q = 1,25 \times Pot(w)$$

- Equipos/Maquinaria.

Son las cargas que aportan los propios equipos o máquinas instalados en el local a causa de las pérdidas de calor que tienen, por ello se calcula teniendo en cuenta que parte de rendimiento del equipo se pierde convirtiéndose en calor.

$$Q = (1 - \eta) \times Pot(w)$$

#### **Cargas latentes:**

- Ventilación o infiltración de aire exterior.

En este caso la carga latente debido a la infiltración o ventilación de local se calcula teniendo en cuenta los parámetros de la siguiente fórmula:

$$Q = V \times 0,63 \times \Delta w$$

Donde:

Q= es la carga térmica por ventilación o infiltración (w).

V= es el caudal de aire infiltrado o de ventilación (m<sup>3</sup>/h).

0,63= es el producto de la densidad estándar del aire (1,2 kg/m<sup>3</sup>) por el calor latente de vaporización del agua (0,52 wh/g).

$\Delta w$ = diferencia de la humedad entre el ambiente exterior y el interior (kg/kgas).

- Ocupación.

También las personas emiten calor latente según actividad, y por supuesto en función de la temperatura ambiente en la que se encuentra, por lo que si se multiplica por el número de personas máximo que hay en el local se obtiene la carga de ocupación latente.

### **8.3.2 Cargas térmicas en Calefacción:**

En invierno lo que ocurre es una indeseable pérdida de carga térmica en el interior del edificio.

No solo hay pérdida de calor por transmitancia de elementos opacos y semitransparentes debido a la diferencia de temperatura del interior y exterior, además de las infiltraciones de aire, sino que se ha de tener en cuenta, como opción más desfavorable de condiciones exteriores, además de la temperatura, el no tener en cuenta ninguna radiación solar, por lo que no se aplicaría ninguna carga térmica por radiación en cerramientos semitransparentes. Por el contrario, sí que se obtiene beneficio en la ganancia de carga térmica debido a la ocupación, iluminación y equipos.

Los cálculos de estas cargas se realizan del mismo modo que las descritas en refrigeración, considerando los mismos valores que se va a tener en cuenta en las cargas sensibles de cerramientos opacos y semitransparentes y cargas para la ocupación, iluminación, equipos, etc.

Como se ha indicado, para el diseño de climatización se va a considerar únicamente los datos obtenidos de carga para la refrigeración al ser más desfavorables, y por lo tanto, las que van a condicionar el sistema de climatización a elegir.

### 8.3.3 Cálculo de las cargas térmicas.

A continuación se va a calcular la carga térmica de refrigeración que cada nave necesita. Para ello se determina cada uno de los tipos de cargas que hay en cada nave, según se ha descrito en el punto anterior.

Las condiciones exteriores e interiores de temperatura consideradas para el cálculo de refrigeración eran:

	Temperatura (°C)	Humedad (%)
<b>Condiciones exteriores</b>	<b>31,3</b>	<b>60,0</b>
<b>Condiciones interiores</b>	<b>26,0</b>	<b>50,0</b>

*Tabla 32. Condiciones interiores y exteriores en refrigeración de cálculo.*

A continuación se va a ver qué datos e información se utilizará para el cálculo de cada una de las cargas térmicas en refrigeración:

- Transmisión por cerramientos opacos y semitransparentes.

Con los datos aportados por el fabricante de cada uno de los cerramientos opacos y translucidos que componen cada una de las naves, y teniendo en cuenta la orientación, se obtienen la cargas por transmisión de calor por conducción-convección en cada uno de ellos. Dichos coeficientes se han indicado en el punto 2.5, del presente estudio, y a continuación se reflejan en la siguiente tabla.

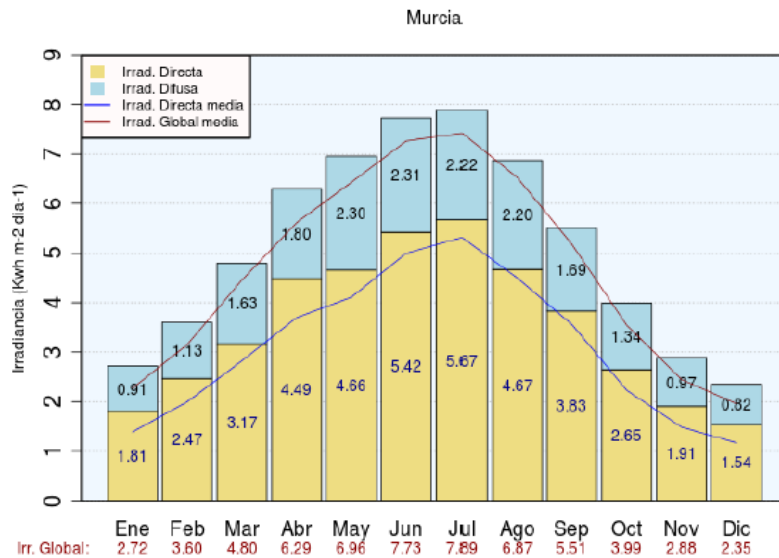
Tipo de cerramiento	Transmitancia térmica U (W/m²C)
<b><i>Solera</i></b>	0,300
<b><i>Cerramiento vertical EXTERIOR</i></b>	0,511
<b><i>Cerramiento vertical INTERIOR</i></b>	1,850
<b><i>Cubierta Nave 1</i></b>	0,640
<b><i>Cubierta Nave 2</i></b>	0,530
<b><i>Cubierta Nave 3</i></b>	0,530
<b><i>Puertas y cerramientos vidrio entrada</i></b>	2,500
<b><i>Claraboya</i></b>	2,500
<b><i>Lucernario</i></b>	1,700

*Tabla 33. Transmitancia térmica en cerramientos, opacos y translúcidos.*

Como se ha indicado anteriormente casi todos los cerramientos son comunes en las tres naves, habiendo sólo diferencias en cubierta y en los huecos de ésta.

- Radiación solar.

Del atlas de radiación solar en España de AEMET (Agencia Estatal de Meteorología) se puede sacar un valor medio de la radiación solar. En el siguiente gráfico se representa la radiación solar al día, desglosada en directa e indirecta, de la región de Murcia, para cada uno de los meses del año, datos obtenidos desde los años 1983 a 2005.



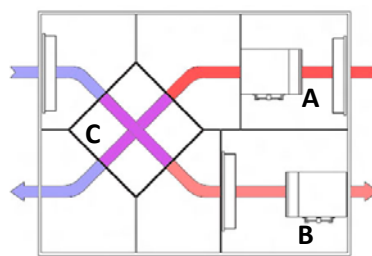
**Gráfico 9. Radiación media solar en Murcia, atlas de radiación solar de España AEMET**

- Ventilación o infiltración de aire exterior.

La entrada de aire exterior proporciona tanto cargas sensibles como latentes.

Para la ventilación se ha de instalar un sistema que otorgue una calidad del aire idónea según el número de personas que se encuentran en él. Esta ventilación consta de una entrada de aire exterior, debidamente filtrado, y una salida del aire interior ya enrarecido. Es debido a esa entrada de aire exterior el que se aporte una carga térmica al interior de la nave por la diferencia de condiciones entre el exterior y el interior.

Para atenuar dicha carga térmica se utilizan recuperadores de calor en los sistemas de ventilación, de modo que se transmiten las condiciones de calor o frío del interior al aire nuevo exterior para que el salto de temperatura no sea tan grande, y por lo tanto le cueste menos al sistema de climatización calentar o enfriar, dependiendo de lo que se demande.



A Aire Exterior limpio a  $T^\circ$  exterior  
 B Aire interior enrarecido a  $T^\circ$  interior  
 C Zona de intercambio de  $T^\circ$

Estos sistemas son obligatorios por normativa, RITE IT 1.2.4.5.2, en los edificios donde el caudal de aire expulsado al exterior, cuando sea por medios mecánicos, sea superior a 1.800 m³/h.

Para calcular el caudal de aire exterior que entraría a las naves se considera el mínimo que exige el RITE y este será el que se va a aplicar a cada una de las naves y que otorgará las cargas térmicas correspondientes.

Según la instrucción técnica IT1 de diseño y dimensionado del RITE en su apartado IT 1.1.4.2.2, existen cuatro categorías de calidad del aire interior en función del uso de local. Para el caso de un local destinado a uso comercial estamos en un IDA3, aire de calidad media. Si ahora se consulta el siguiente apartado de la norma (IT 1.1.4.2.3), y siguiendo el método indirecto de cálculo, existe una tabla en la que se nos indica el caudal mínimo de aire exterior de ventilación por persona.

Categoría	dm <sup>3</sup> /s por persona
IDA 1	20
IDA 2	12,5
IDA 3	8
IDA 4	5

**Tabla 34. Caudales de aire exterior por persona según categoría calidad aire, Tabla 1.4.2.1 RITE IT1**

En el caso de IDA 3 es de 8 dm<sup>3</sup>/s, es decir 28,80 m<sup>3</sup>/h por persona.

Dado que el aforo máximo, tal y como se indica en el siguiente apartado, es de 588 personas tendremos un caudal de:

$$588 \text{ personas} \times 28,80 \text{ (m}^3/\text{h)} = 16.934,4 \text{ (m}^3/\text{h)}$$

El caudal resultante es el que se va a emplear para el cálculo de cargas térmicas debidas a la ventilación.

Por otro lado está la entrada de aire no controlable que se produce por las infiltraciones en ventanas, puertas, claraboyas, lucernarios, etc. En este caso se considera que los elementos que conforman la envolvente, en las tres tipologías, son totalmente estancos, por lo que no va a ser considerada ninguna carga térmica debida a la infiltración. Además, por la doble entrada y colocación de cortinas de aire tampoco se tiene en cuenta la entrada de cargas térmicas por esta zona.

- Ocupación.

Hay que tener en cuenta el aforo máximo de personas que puede haber en la zona de ventas, entre clientes y empleados.

Para el caso de clientes se tiene en cuenta la superficie útil en la que pueden encontrarse los clientes. Para ello hay que contar con los pasillos en zona de venta, así como la superficie disponible en zona de cajas y mesa de envolver. No se considera la zona de entrada y salida, ni vestíbulo, al ser únicamente zona de paso para la entrada y salida del establecimiento. Con todo ello se obtiene una superficie disponible para el cliente de 1.538,54 m<sup>2</sup>.

Según normativa, documento DB CI del CTE, la densidad de ocupación en una actividad comercial para la zona de ventas es de 1 persona cada 2m<sup>2</sup>. Esto supone un total de 770 clientes, pero nunca se va a tener una ocupación del 100%. Se puede observar en los muchos centros comerciales de similares características que ni en hora punta, en las épocas de mayor venta, nos encontramos tan elevado número de clientes por superficie por todas las zonas posibles de ocupación. Por ello se va a considerar un coeficiente de simultaneidad del 75%. Aplicando la simultaneidad, el número máximo de clientes considerados que pueden estar dentro del local es de 578.



Uso previsto	Zona, tipo de actividad	Ocupación (m <sup>2</sup> /persona)
Comercial	En establecimientos comerciales:	
	áreas de ventas en plantas de sótano, baja y entreplanta	2
	áreas de ventas en plantas diferentes de las anteriores	3
	En zonas comunes de centros comerciales:	
	mercados y galerías de alimentación	2
	plantas de sótano, baja y entreplanta o en cualquier otra con acceso desde el espacio exterior	3
	plantas diferentes de las anteriores	5
	En áreas de venta en las que no sea previsible gran afluencia de público, tales como exposición y venta de muebles, vehículos, etc.	5

**Tabla 35. Densidad de ocupación en uso comercial, tabla 2.1 DB CI CTE.**

Por otro lado hay que tener en cuenta el número de empleados máximo que pueden trabajar en la zona (cajas, atención al cliente, reponedores). El número total considerado de empleados es de 15, pero al ser un trabajo a turnos, se considera que el máximo número de trabajadores es de 10 en las zonas mencionadas.

Por lo tanto se obtendrá un aforo total para el local proyectado de 588 personas, considerando el personal empleado y los clientes.

En el libro “Fundamentos de climatización” de ATECYR, se encuentra una tabla en la que se indica valores de calor latente y sensible disipado por persona en función de la actividad que ésta realice y de la temperatura ambiente, tal y como se muestra a continuación.

Calor ocupantes Actividad	G (W)	TsL	25°C		23°C		21°C	
		Gtotal	Gsen	Glat	Gsen	Glat	Gsen	Glat
Sentado reposo (teatro, cine,...)	Hombre	115	76	39	87	28	87	28
	Mujer	90	66	24	67	23	67	23
	media	103	71	31	77	26	77	26
Sentado trabajo muy ligero (Oficina,...)	Hombre	139	84	55	100	39	105	34
	Mujer	109	73	36	81	28	82	27
	media	124	78	46	90	34	94	30
Sentado trabajo ligero (trabajo montaje,...)	Hombre	185	93	92	111	74	129	56
	Mujer	145	79	66	94	51	109	36
	media	165	86	79	103	62	119	46
De pie sin Movimiento	Hombre	139	80	59	95	44	105	34
	Mujer	109	70	39	82	27	82	27
	media	124	75	49	89	35	94	30
De pie trab. Ligero (marcha reducida, tiendas, bancos,...)	Hombre	235	94	141	112	123	130	105
	Mujer	185	83	102	99	86	115	70
	media	210	89	121	106	104	123	87
De pie trab. Moderado (taller, tornero, marcha 1,3 m/s)	Hombre	255	104	151	124	131	144	111
	Mujer	200	92	108	109	91	127	73
	media	227	98	129	116	111	135	92
De pie trab. Pesado (ejercicio físico, balle,...)	Hombre	400	115	285	137	263	159	241
	Mujer	314	102	212	122	192	142	172
	media	357	109	248	130	227	151	206
De pie trab. Muy Pesado (gimnasio)	Hombre	585	154	431	183	402	213	372
	Mujer	460	125	335	149	311	173	287
	media	522	139	383	166	356	193	329

**Tabla 36. Calor sensible y latente por persona según actividad y Tª ambiente, Tabla 6.32 “Fundamentos de climatización” de ATECYR**

- Iluminación.

La potencia máxima de iluminación instalada para la zona de ventas según el diseño de iluminación realizado anteriormente es de 15,7248 kW. Pero para cada uno de los diseños se ha visto, al suplementar dicha potencia con una parte de luz natural, que existe una potencia media anual de la iluminación del local de:

	Potencia Iluminación Artificial media anual (kW)
Nave 1	9,8870
Nave 2	7,5250
Nave 3	8,2079

**Tabla 37. Carga térmica debido a la instalación de iluminación.**

- Equipos/Maquinaria.

Se tiene en cuenta que en el establecimiento, para los tres diseños, hay como elementos que aporten carga térmica las cajas registradoras y algunos electrodomésticos como televisores u ordenadores, que pueden estar encendidos en la zona de exposición.

Para determinar la carga que aportan se hace uso de la tabla 6.36 del punto 6.10 Carga por Equipamiento, del libro Fundamentos de Climatización de ATECYR.

Tipo de equipo	Q sensible (W)	Q latente (W)
Ordenador PC	250	0
Proy. Transparencias	300	0
Proy. Diapositivas	200	0
Televisor	100	0
Frigorífico	300	0
Equipo HI-FI	200	0
Copiadora pequeña	1760	0
Copiadora grande	3515	0
Sec. Pelo cabezal	550	100
Sec. Pelo ventíl.	675	120
Horno 8kW con campana extrac.	1260	0
Horno 6,6 kW con campana extrac	1055	0
Horno 3 kW con campana extrac	470	0
Cafetera 12L. Con campana extrac.	290	0
Cafetera 12L. Sin campana extrac.	750	250
Cafetera 18L. Con campana extrac.	470	0
Cafetera 18L. Sin campana extrac.	1130	370
Cafetera 30L. Con campana extrac.	615	0
Cafetera 30L. Sin campana extrac.	1525	475

**Tabla 38. Potencias y cargas orientativas de diferentes equipos, Tabla 6.36 "Fundamentos de climatización" de ATECYR**

Ordenadores y cajas registradoras: 15 udsx250=3750

Televisores: 15x100=1500

Total 5.250 w

- Carga por propia instalación.

Para introducir el aire climatizado en la instalación se utiliza una serie de equipos que con su funcionamiento, ventiladores, también introduce cargas térmicas. Los equipos de climatización van a estar en la parte exterior por lo que no van a introducir cargas y a pesar que otros equipos por ejemplo los de ventilación sí que están dentro del local, se va a obviar este tipo de carga.

Para la obtención de la demanda energética que se va a obtener para el caso de cada una de las tipologías, se va a hacer uso de la tabla elaborada por fabricante e instalador de climatizadores. En ella se van a introducir todos los valores tenidos en cuenta en los puntos anteriores, situación, transmitancias de los materiales, superficies, orientaciones, ventilación, ocupación, etc. obteniéndose un total de carga térmica para cada una de las tres tipologías, que se debe cubrir con un sistema de climatización apropiado.

## Hoja de cargas térmicas Nave 1:

CALCULO DE CARGAS FRIGORIFICAS											
LOCAL:	NAVE 1	SUPERFICIE(m²)	2742,16	Nº PERSONAS	588						
CLIENTE:											
PROYECTO:	CLIMATIZACION ZONA DE VENTAS										
PROVINCIA:	MURCIA										
HORA SOLAR	18					K (Kcal/ h °C m²)	(kg/m³)	TIPO			
		TECHO		0,64	300			SOLEADO			
		PARED EXT.		0,511	100						
TEMPERATURA EXTERIOR	31,3	ENTALPIA	18,3	TABIQUE	1,85						
HUMEDAD RELATIVA. EXT.	60		SUELO	0,3							
TEMPERATURA INTERIOR	26	12,7	VENTANAS	2,5							
HUMEDAD RELATIVA. INTER	50		FACTOR DE SOMBRA	SIN PERSIANA	C. DOBLE	0,8					
AIRE EXTERIOR (s/ RITE)	Supermercados	16934 m³/h									
		DATO	K, R	dT	W LATENTES		W SENSIBLES				
RADIACION	m² VENTANAS	N									
		NE									
		E	3,11	13			38				
		SE									
		S	80,00	13			967				
		SO									
		O	3,11	320			926				
		NO									
		H	149,30	65			9.027				
Sombra											
TRANSMISION	m² VENTANAS	N									
		NE									
		E	3,11	2,5	5			48			
		SE									
		S	80,00	2,5	5			1.233			
		SO									
		O	3,11	2,5	5			48			
		NO									
		H	149,30	2,5	5			2.300			
	Sombra										
	m² PARED EXTERIOR	N	734,50	0,51	2			960			
		NE									
		E	403,06	0,51	3			790			
		SE									
		S	611,78	0,51	7			2.399			
		SO									
		O	525,78	0,51	18			5.530			
	Sombra										
	m² TECHO		SOLEADO	2.622,88	0,64	17,2			33.573		
	m² TABIQUE INTERIORES			165,44	1,85	2,7			943		
	m² SUELO			2.421,09	0,30	2,7			2.238		
C. INT.	Nº PERSONAS	BAJA ACTIVIDAD	588			20.512		39.656			
	W ILUMINACION	INCANDESCENTE	9.888					9.888			
	W APARATOS ELECTRICOS		5.250					5.250			
	W CARGA LATENTE										
A. E.	m³/h INFILTRACIONES										
	m³/h AIRE EXTERIOR		16.934,40			100.537		30.057			
					(W)	121.049		145.870			
					CARGA TOTAL (W)	266.919					
					LA CARGA PUNTA SE PRODUCE A LAS 18 h						
					C. SENSIBLE (W)		C. TOTAL(W)				
					8h	165.402	259797				
					9h	189.229	283624				
					10h	207.304	301698				
					11h	225.013	319407				
					12h	236.262	330657				
					13h	240.332	334727				
					14h	235.676	330071				
					15h	226.937	321332				
					16h	213.755	308150				
					17h	197.937	292331				
					18h	180.090	274485				
19h	175.512	269907									
20h	166.657	261052									

## Hoja de cargas térmicas Nave 2:

CALCULO DE CARGAS FRIGORIFICAS										
LOCAL:	NAVE 2	SUPERFICIE(m²)	2742,16	Nº PERSONAS	588					
CLIENTE:										
PROYECTO:	CLIMATIZACION ZONA DE VENTAS									
PROVINCIA:	MURCIA									
HORA SOLAR	18					K (Kcal/ h °C m²)	(kg/m³)	TIPO		
		TECHO		0,53	300	▼		SOLEADO	▼	
		PARED EXT.		0,511	100	▼				
TEMPERATURA EXTERIOR	31,3	ENTALPIA	18,3	TABIQUES		1,85				
HUMEDAD RELATIVA. EXT.	60			SUELO		0,3				
TEMPERATURA INTERIOR	26	12,7	VENTANAS		2,5					
HUMEDAD RELATIVA. INTER	50		FACTOR DE SOMBRA		SIN PERSIANA	▼	C. DOBLE	▼	0,8	
AIRE EXTERIOR (s/ RITE)	Supermercados	▼		16934 m³/h						
		DATO	K, R	dT	W LATENTES					
RADIACION	m² VENTANAS	N								
		NE								
		E	9,95	13				120		
		SE								
		S	80,00	13				967		
		SO								
		O	9,95	320				2.962		
		NO								
		H	135,62	65				8.200		
Sombra										
TRANSMISION	m² VENTANAS	N								
		NE								
		E	9,95	2,5	5			153		
		SE								
		S	80,00	2,5	5			1.233		
		SO								
		O	9,95	2,5	5			153		
		NO								
		H	135,62	2,5	5			2.089		
	Sombra									
	m² PARED EXTERIOR	N	718,50	0,51	2			939		
		NE								
		E	334,48	0,51	3			656		
		SE								
		S	595,78	0,51	7			2.336		
		SO								
		O	457,20	0,51	18			4.808		
		NO								
	Sombra									
	m² TECHO		SOLEADO	2.777,41	0,53	17,2			29.441	
	m² TABIQUES INTERIORES			165,44	1,85	2,7			943	
	m² SUELO			2.421,09	0,30	2,7			2.238	
	C. INT.	Nº PERSONAS	BAJA ACTIVIDAD	▼	588		20.512		39.656	
		W ILUMINACION	INCANDESCENTE	▼	7.641				7.641	
W APARATOS ELECTRICOS			5.250				5.250			
W CARGA LATENTE										
A. E.	m³/h INFILTRACIONES									
	m³/h AIRE EXTERIOR			16.934,40		100.537		30.057		
					(W)	121.049		139.843		
					CARGA TOTAL (W)	260.892				
					LA CARGA PUNTA SE PRODUCE A LAS 18 h					
					C. SENSIBLE (W)		C. TOTAL(W)			
					8h	162.759	257154			
					9h	184.013	278408			
					10h	199.813	294208			
					11h	215.096	309491			
					12h	224.524	318919			
					13h	228.342	322736			
					14h	224.428	318823			
					15h	216.601	310996			
					16h	204.374	298769			
					17h	189.503	283897			
					18h	172.163	266557			
19h	166.753	261148								
20h	158.051	252446								

## Hoja de cargas térmicas Nave 3:

CALCULO DE CARGAS FRIGORIFICAS									
LOCAL:	NAVE 3	SUPERFICIE(m²)	2742,16	Nº PERSONAS	588				
CLIENTE:									
PROYECTO:	CLIMATIZACION ZONA DE VENTAS								
PROVINCIA:	MURCIA								
HORA SOLAR	18					K (Kcal/ h °C m²)	(kg/m³)	TIPO	
		TECHO	0,53	300	SOLEADO				
		PARED EXT.	0,511	100					
TEMPERATURA EXTERIOR	31,3	ENTALPIA	18,3	TABIQUE	1,85				
HUMEDAD RELATIVA. EXT.	60			SUELO	0,3				
TEMPERATURA INTERIOR	26		12,7	VENTANAS	1,7				
HUMEDAD RELATIVA. INTER	50			FACTOR DE SOMBRA	SIN PERSIANA	C. DOBLE	0,8		
AIRE EXTERIOR (s/ RITE)	Supermercados	16934 m³/h							
		DATO	K, R	dT	W LATENTES	W SENSIBLES			
RADIACION	m² VENTANAS	N	612,00	65		37.005			
		NE							
		E							
		SE							
		S	80,00	13		967			
		SO							
		O							
		NO							
		H							
Sombra									
TRANSMISION	m² VENTANAS	N	612,00	1,7	5	6.412			
		NE							
		E							
		SE							
		S	80,00	1,7	5	838			
		SO							
		O							
		NO							
		H							
	Sombra								
	m² PARED EXTERIOR	N	607,20	0,51	2	794			
		NE							
		E	413,23	0,51	3	810			
		SE							
		S	484,48	0,51	7	1.900			
		SO							
		O	535,95	0,51	18	5.637			
		NO							
Sombra									
m² TECHO		SOLEADO	2.805,26	0,53	17,2	29.736			
m² TABIQUE INTERIORES			165,44	1,85	2,7	943			
m² SUELO			2.421,09	0,30	2,7	2.238			
C. INT.	Nº PERSONAS	BAJA ACTIVIDAD	588			20.512	39.656		
	W ILUMINACION	INCANDESCENTE	8.208				8.208		
	W APARATOS ELECTRICOS		5.250				5.250		
	W CARGA LATENTE								
A. E.	m³/h INFILTRACIONES								
	m³/h AIRE EXTERIOR		16.934,40			100.537	30.057		
					(W)	121.049	170.450		
					CARGA TOTAL (W)	291.499			
					LA CARGA PUNTA SE PRODUCE A LAS 18 h				
					C. SENSIBLE (W)		C. TOTAL(W)		
					8h	141.416	235811		
					9h	149.940	244335		
					10h	157.756	252151		
					11h	166.553	260948		
					12h	173.887	268282		
					13h	179.000	273394		
					14h	180.969	275363		
					15h	181.379	275773		
					16h	182.412	276807		
					17h	189.417	283812		
					18h	205.686	300080		
					19h	166.458	260853		
20h	162.603	256998							

## 8.4 Diseño de Instalación de Climatización.

Una vez calculadas el total de las cargas térmicas de cada una de las tipologías, se procede al diseño de la instalación de climatización necesaria para cubrir dichas demandas.

### 8.4.1 Elección de sistema y equipo de climatización

Para ello se va a diseñar una instalación compuesta por varios equipos de tipo Roof top, situados en la cubierta, en concreto de la marca Ciatesa, modelo IPF.

A continuación se indican los datos técnicos de los equipos sacados del catálogo de Ciatesa:

Modelo	Potencia frigorífica (kW)	Potencia calorífica (kW)	Nº circuitos / compresores / etapas	Circuito exterior		Circuito interior		Potencia absorbida		Intensidad máxima absorbida 400 V / III ph (A)
				Caudal (m³/h)	Nº ventiladores	Caudal nominal (m³/h)	Presión nominal (mm.c.a.)	Frio (kW)	Calor (kW)	
IPF 90 U	23,1	23,0	1 / 1 / 1	8.000	1	4.000	10,0	7,1	6,2	19,5
IPF 120 U	31,7	30,9	1 / 1 / 1	13.000	1	6.000	10,0	10,5	9,3	27,9
IPF 160 U	40,3	38,8	1 / 1 / 1	17.000	1	8.700	10,0	14,3	11,4	35,2
IPF 180 U	45,1	45,7	1 / 1 / 1	17.000	1	9.000	10,0	15,5	13,1	39,2
IPF 240 U	60,8	61,4	2 / 2 / 2	30.000	2	12.000	12,5	20,1	18,7	55,6
IPF 320 U	75,6	78,4	2 / 2 / 2	30.000	2	14.300	12,5	28,9	24,1	69,6
IPF 360 U	86,1	91,6	2 / 2 / 2	30.000	2	15.900	12,5	31,5	28,1	80,2
IPF 415 U	92,0	98,9	2 / 2 / 2	30.000	2	18.000	12,5	33,8	28,5	90,7
IPF 420 U	104,4	105,1	2 / 2 / 2	42.000	2	18.000	12,5	30,3	28,3	87,8
IPF 480 U	108,0	107,6	2 / 2 / 2	30.000	2	18.200	15,0	38,0	32,1	100,0
IPF 485 U	112,6	114,6	2 / 2 / 2	42.000	2	18.200	15,0	34,5	32,4	97,1
IPF 540 U	126,2	128,7	2 / 2 / 2	42.000	2	20.400	15,0	39,6	35,5	111,5
IPF 600 U	137,5	140,2	2 / 2 / 2	42.000	2	24.000	15,0	45,4	38,6	126,8
IPF 650 U	152,1	158,9	2 / 4 / 4	55.000	4	27.500	12,3	48,2	43,8	131,4
IPF 720 U	168,7	177,1	2 / 4 / 4	56.000	4	30.000	14,8	55,6	50,0	153,0
IPF 840 U	199,9	207,7	4 / 4 / 4	75.000	4	33.000	17,7	66,1	60,0	180,3
IPF 960 U	218,9	230,1	4 / 4 / 4	75.000	4	37.000	19,2	75,6	67,0	198,9
IPF 1100 U	257,5	267,6	4 / 4 / 4	112.500	6	42.000	15,1	88,2	81,9	246,8
IPF 1200 U	280,8	293,1	4 / 4 / 4	112.500	6	46.000	17,9	99,9	91,1	274,8

**Figura 103. Características Técnicas equipos Roof Top de Ciatesa modelo IPF.**

Para el caso de la nave 1 se han elegido dos equipos Ciatesa, modelo IPF 600; para la nave 2, de menor carga térmica, se va a instalar también un equipo IPF 600 pero con otro de menor potencia térmica, IPF 540, siendo el resultado de los dos suficiente para cubrir las cargas de esta nave. Por último para la nave 3, que es la que mayor carga tiene, se diseña con dos equipos de más frigorías, en concreto dos unidades IPF650.

A continuación se indica, en la siguiente tabla, la carga necesaria de cada nave y la potencia total de los equipos elegidos, cubriendo las necesidades en todos los casos.

	EQUIPOS	Carga refrigeración	Potencia frigorífica instalada	Potencia calorífica instalada
Nave 1	IPF 600 + IPF 600	266,919	275,000	280,400
Nave 2	IPF 600 + IPF 540	260,892	263,700	268,900
Nave 3	IPF 650 + IPF 650	291,499	304,200	317,800

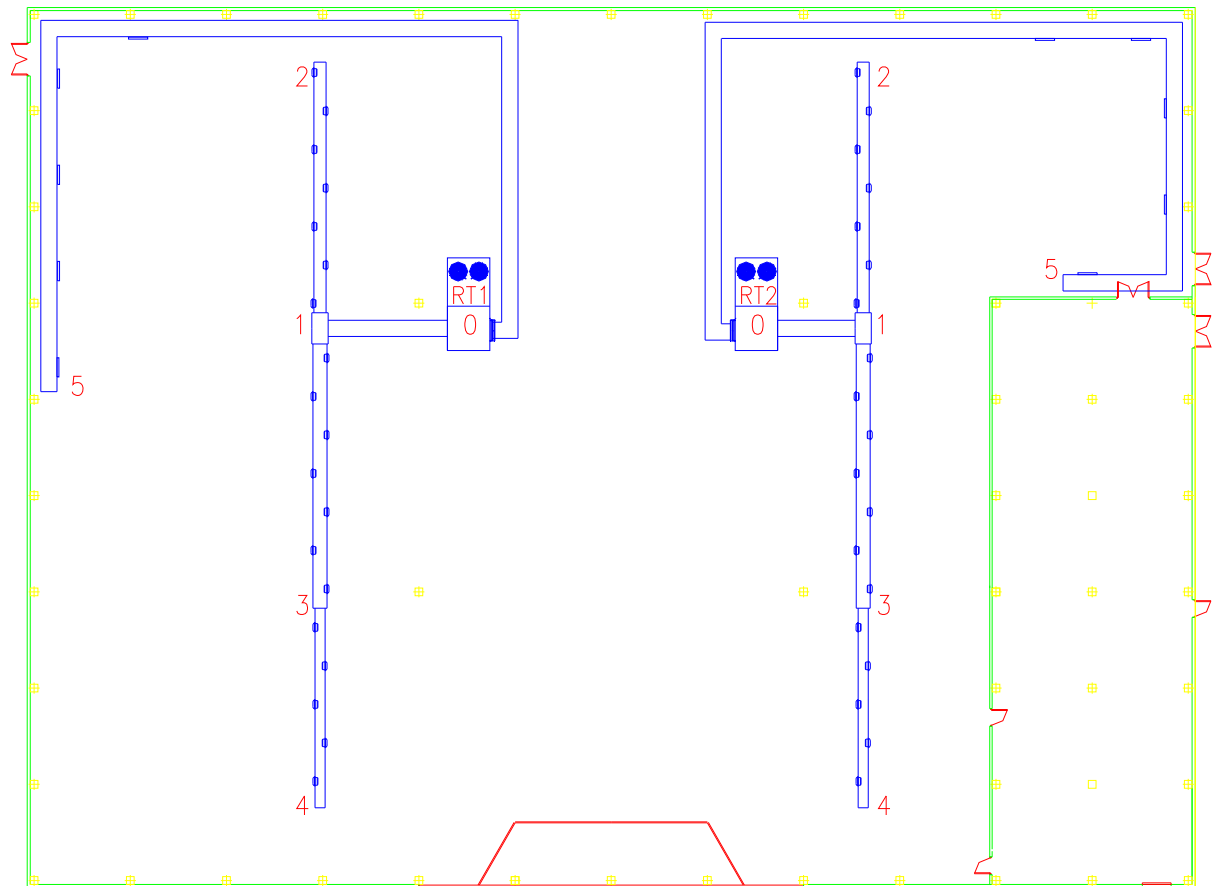
**Tabla 39. Carga térmica calculada y potencia instalada en cada una de las naves**



### 8.4.2 Diseño de conductos y difusión:

Se va a establecer, para cada una de las naves y en función del equipo instalado, una red de conductos de impulsión y retorno, además de la correspondiente difusión según el caudal proporcionado por los equipos y calculado en cada uno de los tramos.

La red de conductos va tener el mismo trazado para cada una de las naves y se representa en el siguiente plano:



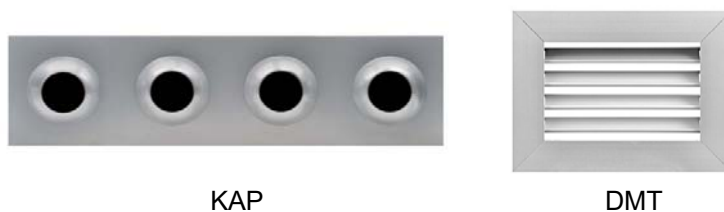
**Figura 104. Trazado de conductos y rejillas del sistema de Aire Acondicionado**

El tramo desde el punto 0 y 4 corresponde a la impulsión, mientras que el correspondiente a los puntos 0 y 5 es el retorno.

A continuación se procede a calcular cada uno de los tramos de conductos indicados en el anterior plano, indicando el caudal que transcurre por cada uno de ellos, pérdida de presión y velocidad.

Los cálculos se realizan con el método de pérdida de carga constante, considerando una velocidad máxima de salida en el equipo de 10 m/s, con una pérdida de 0,1 mmca y también un caudal constante, en cada una de las 19 rejillas de impulsión, de valor según el caudal del equipo.

Para la elección de las rejillas se debe de tener en cuenta, dentro de un fabricante y modelo, que para el caudal necesario se cumpla con una velocidad tal que no produzca turbulencias que provoque una mala salida o entrada de aire y ruido indeseado. Además, en este caso, al considerar la distribución de conductos de impulsión, como se muestra en plano anterior, es importante tener en cuenta la distancia de alcance, unos 15 m en horizontal, que debe salvar el difusor de impulsión elegido. Por ello, para la impulsión se eligen unas toberas de gran alcance de la marca Madel, modelo KAP. Para el caso de la extracción únicamente hay que tener en cuenta que deben tener sección suficiente para poder extraer el caudal necesario de retorno, y se elige el modelo DMT de Madel, de aleta fija.



**Figura 105. Toberas de impulsión y rejillas de retorno.**

Los conductos serán de chapa galvanizada con aislamiento interior de 10 mm, en el caso de la impulsión, y sin aislamiento para el retorno. Aunque en la parte exterior de la nave, tanto impulsión como retorno estarán debidamente aislados.

Para calcular la sección del conducto basta con aplicar la fórmula  $Q = V \times A$ , detallando, en las tablas siguientes, los valores resultantes en cada tramo para cada una de las naves.

#### Nave 1:

IPF-600 ROF TOP 1 NAVE TIPO 1								
Tramo	Caudal	Pérdida de presión	Longitud	Conducto circular	Conducto rectangular	Velocidad en ramal	Pérdida de presión total	Ramal desfavorable
	m <sup>3</sup> /h	mm.c.a.	m	mm	mm	m/s	mm.c.a.	mm.c.a.
0-1	24.000	0,1	7,10	950	845x845	9,3	0,710	0,710
1-2	8.842	0,1	13,10	635	625X550	7,3	1,310	
1-3	15.158	0,1	13,75	780	725X700	8,3	1,375	1,375
3-4	6.315	0,1	10,40	560	525X500	6,7	1,040	1,040
0-5(retorno)	24.000	0,1	60,00	950	845X845	9,3	6,000	6,000

Pérdida de carga			
Número de Codos	Pérdida de presión	Longitud equivalente	9,125
4	0,1	2	0,8
Pérdida de presión en última reja			2,1
Pérdida de presión en primera reja			2,1
Pérdida de presión en caja de filtros			0
<b>Total</b>			<b>14,13</b>

IPF-600 ROF TOP 2 NAVE TIPO 1								
Tramo	Caudal	Pérdida de presión	Longitud	Conducto circular	Conducto rectangular	Velocidad en ramal	Pérdida de presión total	Ramal desfavorable
	m <sup>3</sup> /h	mm.c.a.	m	mm	mm	m/s	mm.c.a.	mm.c.a.
0-1	24.000	0,1	7,10	950	845x845	9,3	0,710	0,710
1-2	8.842	0,1	13,10	635	625X550	7,3	1,310	
1-3	15.158	0,1	13,75	780	725X700	8,3	1,375	1,375
3-4	6.315	0,1	10,40	560	525X500	6,7	1,040	1,040
0-5(retorno)	24.000	0,1	60,00	950	845X845	9,3	6,000	6,000

Pérdida de carga			
Número de Codos	Pérdida de presión	Longitud equivalente	9,125
5	0,1	2	1
Pérdida de presión en última reja			2,1
Pérdida de presión en primera reja			2,1
Pérdida de presión en caja de filtros			0
<b>Total</b>			<b>14,33</b>

**Tabla 40. Cálculo de conductos de AA de la nave 1**

	RT1-IPF600		RT2-IPF600	
	Caudal(m³/h)	Sección(mm xmm)	Caudal(m³/h)	Sección(mm xmm)
Tobera de impulsión	1.263,16	1000x250	1.263,16	1000x250
Reja de retorno	4.800,00	800x800	4.800,00	800x800

Tabla 41. Cálculo de rejillas de AA de la nave 1

## Nave 2:

IPF-600 ROF TOP 1 NAVE TIPO 2								
Tramo	Caudal	Pérdida de presión	Longitud	Conducto circular	Conducto rectangular	Velocidad en ramal	Pérdida de presión total	Ramal desfavorable
	m3/h	mm.c.a.	m	mm	mm	m/s	mm.c.a.	mm.c.a.
0-1	24.000	0,1	7,10	950	845x845	9,3	0,710	0,710
1-2	8.842	0,1	13,10	635	625X550	7,3	1,310	
1-3	15.158	0,1	13,75	780	725X700	8,3	1,375	1,375
3-4	6.315	0,1	10,40	560	525X500	6,7	1,040	1,040
0-5(retorno)	24.000	0,1	60,00	950	845X845	9,3	6,000	6,000
							Pérdida de carga	
Número de Codos				Pérdida de presión	Longitud equivalente	9,125		
4				0,1	2	0,8		
Pérdida de presión en última reja							2,1	
Pérdida de presión en primera reja							2,1	
Pérdida de presión en caja de filtros							0	
Total							14.13	

IPF- 540 ROF TOP 2 NAVE TIPO 2								
Tramo	Caudal	Pérdida de presión	Longitud	Conducto circular	Conducto rectangular	Velocidad en ramal	Pérdida de presión total	Ramal desfavorable
	m3/h	mm.c.a.	m	mm	mm	m/s	mm.c.a.	mm.c.a.
0-1	20.400	0,1	7,10	870	800X800	9,0	0,710	0,710
1-2	7.518	0,1	13,10	600	550X550	7,0	1,310	
1-3	12.882	0,1	13,75	735	700X650	8,0	1,375	1,375
3-4	5.370	0,1	10,40	550	525X450	6,4	1,040	1,040
0-5(retorno)	20.400	0,1	60,00	870	800X800	9,0	6,000	6,000
							Pérdida de carga	
Número de Codos				Pérdida de presión		Longitud equivalente	9,125	
5				0,1		2	1	
Pérdida de presión en última reja							2,1	
Pérdida de presión en primera reja							2,1	
Pérdida de presión en caja de filtros							0	
Total							14,33	

Tabla 42. Cálculo de conductos de AA de la nave 2

	RT1-IPF600		RT2-IPF540	
	Caudal(m³/h)	Sección(mm xmm)	Caudal(m³/h)	Sección(mm xmm)
Tobera de impulsión	1.263,16	1000x250	1.074,00	1000x250
Reja de retorno	4.800,00	800x800	4.080,00	800x800

Tabla 43. Cálculo de rejillas de AA de la nave 2

**Nave 3:**

IPF-650 ROF TOP 1 NAVE TIPO 3								
Tramo	Caudal	Pérdida de presión	Longitud	Conducto circular	Conducto rectangular	Velocidad en ramal	Pérdida de presión total	Ramal desfavorable
	m3/h	mm.c.a.	m	mm	mm	m/s	mm.c.a.	mm.c.a.
0-1	27.500	0,1	7,10	975	890X890	9,7	0,710	0,710
1-2	10.136	0,1	13,10	670	625X600	7,5	1,310	
1-3	17.364	0,1	13,75	820	775X725	8,6	1,375	1,375
3-4	7.240	0,1	10,40	590	550X525	6,9	1,040	1,040
0-5(retorno)	27.500	0,1	60,00	975	890X890	9,7	6,000	6,000

IPF-650 ROF TOP 2 NAVE TIPO 3								
Tramo	Caudal	Pérdida de presión	Longitud	Conducto circular	Conducto rectangular	Velocidad en ramal	Pérdida de presión total	Ramal desfavorable
	m3/h	mm.c.a.	m	mm	mm	m/s	mm.c.a.	mm.c.a.
0-1	27.500	0,1	7,10	975	890X890	9,7	0,710	0,710
1-2	10.136	0,1	13,10	670	625X600	7,5	1,310	
1-3	17.364	0,1	13,75	820	775X725	8,6	1,375	1,375
3-4	7.240	0,1	10,40	590	550X525	6,9	1,040	1,040
0-5(retorno)	27.500	0,1	60,00	975	890X890	9,7	6,000	6,000
							Pérdida de carga	
				Número de Codos	Pérdida de presión	Longitud equivalente	9,125	
				5	0,1	2	1	
Pérdida de presión en última reja						2,1		
Pérdida de presión en primera reja						2,1		
Pérdida de presión en caja de filtros						0		
						Total	14,33	

**Tabla 44. Cálculo de conductos de AA de la nave 3**

	RT1-IPF650		RT2-IPF650	
	Caudal(m <sup>3</sup> /h)	Sección(mmxmm)	Caudal(m <sup>3</sup> /h)	Sección(mmxmm)
Tobera de impulsión	1.448,00	1000x300	1.448,00	1000x300
Reja de retorno	5.500,00	800x800	5.500,00	800x800

**Tabla 45. Cálculo de rejillas de AA de la nave 3**

## 9. PRESUPUESTO.

A continuación se describen y cuantifican las partidas de ejecución para cada una de las naves.

### 9.1 Presupuesto de ejecución de Nave 1. Cubierta Plana

Ud	Resumen	CanPres	PrPres(€)	ImpPres(€)
<b>VACIADO</b>		<b>1</b>	<b>64.792,00</b>	<b>64.792,00</b>
m <sup>2</sup>	LIMPIEZA Y DESBROCE MECÁNICO	3.850,00	3,10	11.935,00
	Limpieza y desbroce mecánico del terreno, en capas de espesor variable, dejando la superficie adecuada para el desarrollo de los trabajos a realizar y a la cota de explanación marcada en la Documentación Técnica y ajustada a las directrices de la Dirección Facultativa. Se eliminarán plantas, escombros y todos aquellos elementos que obstaculicen el posterior desarrollo de los trabajos previstos.			
m <sup>3</sup>	EXCAVACIÓN MECÁN.ZAPATAS MEDIO	3.150,00	16,78	52.857,00
	Excavación mecánica de zapatas y zanjas, en terreno de consistencia media, hasta una profundidad no superior a 3 m. Con extracción del material a los bordes de la excavación, dejando como mínimo una separación libre al borde de 1 m. Incluso parte proporcional de replanteo, protección de la obra, agotamiento de aguas en caso de ser necesario, aplomado de paredes, refino de fondos y medidas de seguridad reglamentarias.			
		1	64.792,00	64.792,00
<b>CIMENTACIÓN</b>		<b>1</b>	<b>51.136,47</b>	<b>51.136,47</b>
m <sup>3</sup>	HORMIGÓN LIMPIEZA HM-20	37,52	131,04	4.916,62
	Hormigón HM-20N/mm <sup>2</sup> , de consistencia plástica y árido de tamaño máximo 40 mm., elaborado en central, vertido en pozos y zanjas. Incluso parte proporcional de mermas y nivelación. Colocado en obra. Realizado según Instrucción CTE.			
m <sup>2</sup>	ENCOFRADO METÁLICO EN ZAPATAS Y VIGA DE ATADO	351,04	12,63	4.433,64
	Encofrado y desencofrado de zapatas y vigas de atado, mediante planchas metálicas, montado de forma que permita un fácil desencofrado. Incluso parte proporcional de apuntalamientos previos, humedecido de los paramentos, limpieza y acondicionamiento de los elementos utilizados, montaje, desmontaje, clavazón, desencofrante, arriostramientos y paso instalaciones.			
m <sup>3</sup>	HORMIGON HA-25 EN CIMENTACION	240,72	135,16	32.535,72
	Hormigón HA-25N/mm <sup>2</sup> , de consistencia plástica y árido de tamaño máximo 40 mm., elaborado en planta, vertido en zapatas y vigas de atado. Incluso parte proporcional de vibrado, curado, mermas, formación de juntas constructivas y de dilatación, nivelación final del elemento. Colocado en obra. Realizado según Instrucción CTE.			
Kg	ACERO CORRUGADO B-500 S	8.186,27	1,13	9.250,49
	Acero corrugado B 500 S, cortado, doblado, armado y colocado en obra. Incluso parte proporcional de despuntes. Realizado s/CTE e instrucción EHE-08.			
		1	51.136,47	51.136,47
<b>SOLERA</b>		<b>1</b>	<b>90.396,00</b>	<b>90.396,00</b>
m <sup>2</sup>	SOLERA HA-25/15cm. + ENCACH.20cm.	2.700,00	33,48	90.396,00

Solera de hormigón de 15 cm. de espesor, realizada con hormigón HA-25N/mm<sup>2</sup>, tamaño máximo 20 mm. Incluso encachado de piedra caliza 40/80 mm. de 20 cm. de espesor, vertido, colocación y parte proporcional de juntas y fratasado.

		1	90.396,00	90.396,00
Ud	Resumen	CanPres	PrPres	ImpPres
	<b>ESTRUCTURA</b>	<b>1</b>	<b>200.545,95</b>	<b>200.545,95</b>
m <sup>2</sup>	ENCOFRADO METÁLICO PILARES H>3m.  Encofrado y desencofrado de pilares, de altura superior a 3 m., mediante elementos metálicos, montado de forma que permita un fácil desencofrado. Comprobándose, antes de hormigonar, la solidez del conjunto. Incluso parte proporcional de apuntalamientos, humedecido de los paramentos, limpieza y acondicionamiento de los elementos utilizados, montaje, desmontaje, clavazón, desencofrado y arriostramientos. Totalmente acabado. Realizado s/CTE e instrucción EHE-08.	1.025,92	18,40	18.876,93
m <sup>3</sup>	HA-25N/mm <sup>2</sup> C/FLUIDA EN PILARES  Hormigón HA-25N/mm <sup>2</sup> , de consistencia fluida y árido de tamaño máximo 20mm., colocado en pilares. Hormigonado entre 5º y 40º. Incluso parte proporcional de vibrado, curado, regado del encofrado, nivelación y aplomado final del elemento. Realizado s/CTE e instrucción EHE-08.	121,10	140,37	16.998,81
Kg	ACERO CORRUGADO B-500 S  Acero corrugado B 500 S, cortado, doblado, armado y colocado en obra. Incluso parte proporcional de despuntes. Realizado s/CTE e instrucción EHE-08.	14.326,54	1,13	16.188,99
Kg	ACERO S275 EN CERCHAS  Acero laminado S275 en perfil laminado en caliente, para cerchas, uniones y soldaduras. Incluso corte, elaboración, montaje y parte proporcional de soldaduras, cartelas, placas de apoyo, rigidizadores y piezas especiales. Totalmente montado. Realizado s/CTE e instrucción EHE-08.	43.109,22	2,39	103.031,04
Kg	ACERO S275 EN ESTRUCT.SOLDADAS  Acero laminado S275, en perfiles laminados en caliente, para vigas, pilares, zunchos y correas, mediante uniones soldadas. Incluso parte proporcional de soldaduras, cortes, piezas especiales, despuntes y dos manos de imprimación con pintura de minio de plomo. Totalmente montado. Realizado s/CTE e instrucción EHE-08.	24.435,58	1,86	45.450,18
		1	200.545,95	200.545,95
	<b>CERRAMIENTOS</b>	<b>1</b>	<b>433.678,55</b>	<b>433.678,55</b>
m <sup>2</sup>	PANEL PREF. HGÓN. AISLADO DE FACHADA  Panel de cerramiento prefabricado liso de 16 cm de espesor total, con poliestireno expandido como aislante térmico, de 4/8/4 cm. Fijado mecánicamente a pilares, vigas y solera, con ancho variable hasta una longitud máxima de cada panel de 15m, con acabado liso pulido, color a definir por el cliente y juntas machihembradas que facilitan la unión entre paneles y su sellado. Incluso parte proporcional de piezas especiales de cuelgue, huecos, en esquina, berenjenos, incluso sellado con masilla de poliuretano. Colocado con ayuda de grúa autopropulsada de 30 Tm. y medios auxiliares de montaje.	2.448,12	92,22	225.765,63
m <sup>2</sup>	CUBIERTA TIPO DECK CON AISLANTE TERMICO E IMPERMEABILIZACIÓN  Sistema de cubierta Deck con fijación mecánica, pendiente del 1% al 5%, compuesta de: soporte base: perfil nervado autoportante de chapa de acero galvanizado ; aislamiento térmico; Membrana bituminosa multicapas. Totalmente colocado.	2.850,84	58,90	167.914,48

ud	CLARABOYA CUADRADA 180x180	48,00	461,78	22.165,44
	Suministro e instalación de claraboya cuadrada bivalva, conformada en vidrio acrílico, de 180x180 cm., con zócalo metálico aislado y cúpula termoconformada de policarbonato celular aislante, con reja de seguridad. Incluso parte proporcional de replanteo, aparejos, aplomado, nivelación, recibido de tacos, tuercas ciegas, tornillos, anillos, racores, arandelas, etc.			
PA	PARTICIONES INTERIORES	1,00	17.833,00	17.833,00
	Cerramientos verticales interiores formados por fábrica de ladrillo cerámico hueco de 11,5 cm, enfoscado de mortero, enlucido de yeso y pintura o alicatado en caso de locales húmedos. Cerramiento horizontal en zona de oficinas y almacén compuesto por chapa metálica y falso techo de lana mineral. Incluyendo todo el material necesario para su correcto montaje.			
		1	433.678,55	433.678,55
	<b>ACABADOS</b>	<b>1</b>	<b>123.278,44</b>	<b>123.278,44</b>
	<b>PAVIMENTOS Y ALICATADOS</b>	<b>1</b>	<b>100.481,44</b>	<b>100.481,44</b>
M2	PAVIMENTO ZONA DE VENTAS	2.446,88	38,00	92.981,44
	Pavimento vinílico antideslizante, de color gris claro, previo autonivelante para su correcta instalación, incluyendo zocalo. Totalmente terminado			
PA	PAVIMENTO RESTO DE ZONAS	1,00	7.500,00	7.500,00
	Pavimento de gres para las oficinas y de gres antideslizante para aseos y almacén. Incluyendo morteros autonivelantes, zócalos, y cualquier material necesario para su correcta instalación.			
		1	100.481,44	100.481,44
	<b>CARPINTERIAS Y VIDRIOS</b>	<b>1</b>	<b>4.700,00</b>	<b>4.700,00</b>
ud	CARPINTERIA EXTERIOR	1,00	3.500,00	3.500,00
	Carpintería exterior formada por puertas de entrada, de perfiles de aleación de aluminio 6063 con tratamiento térmico T-5, marco y hoja de sección de 45 mm, con vidrio laminar 3.3. y de cerramientos acristalados con carpintería de aluminio de alta calidad y de cristales de seguridad tipo STADIP, formado por vidrios de 6+4 mm de espesor, unidos por una materia plástica de butirol de polivinilo. Totalmente instalado.			
PA	CARPINTERIA INTERIOR	1,00	1.200,00	1.200,00
	Carpintería interior formada por puertas de paso de una hoja de madera maciza de roble y vidrios interiores de carpintería de aluminio y cristales 4/2/4. Totalmente instalado.			
		1	4.700,00	4.700,00
	<b>PINTURA</b>	<b>1</b>	<b>12.500,00</b>	<b>12.500,00</b>
M <sup>2</sup>	PINTURA ZONA DE VENTAS	2.036,00	8,50	17.306,00
	Pintura plástica lisa mate en blanco, sobre paramentos verticales, lavable dos manos, incluso mano de imprimación de fondo, plastecido y mano de acabado.			
PA	PINTURA RESTO DE ZONAS	1,00	791,00	791,00
	Pintura plástica lisa mate en blanco, sobre paramentos horizontales y verticales, lavable dos manos, incluso mano de imprimación de fondo, plastecido y mano de acabado.			
		1	18.097,00	18.097,00
	<b>INSTALACIONES</b>	<b>1</b>	<b>231.893,00</b>	<b>231.893,00</b>
	<b>INSTALACIÓN DE ILUMINACION</b>	<b>1</b>	<b>71.780,00</b>	<b>71.780,00</b>
ud	ILUMINACION ZONA DE VENTAS	156,00	380,00	59.280,00



<p>Instalación de iluminación en zona de ventas, formada por luminarias tipo Led de la serie E7 de ETAP modelo E7211/LED2N064100S, con forma rectangular y dimensiones 2,00x0,09x0,088 m (largoxanchoxalto), de dos líneas de ledes y con un flujo luminoso de 10.248 lúmenes/ud y consumo eléctrico total, luminaria y equipo auxiliar, de 100,8 w/ud. Incluyendo cableado. Totalmente montado y conexionado al circuito eléctrico y de control correspondiente, línea de derivación de 2x1,5 mm<sup>2</sup>+Tubo, pequeño material, probada y funionando, incluso limpieza y medios auxiliares.</p>				
PA	ILUMINACION RESTO ZONAS	1,00	12.500,00	12.500,00
<p>Instalación de iluminación para resto de zonas, formada por luminarias tipo Led, incluido luminarias exteriores para rótulo . Totalmente montado y conexionado al circuito eléctrico y de control correspondiente, línea de derivación, pequeño material, probado y funionando, incluso limpieza y medios auxiliares.</p>				
		1	71.780,00	71.780,00
<b>INSTLACION ELECTRICA</b>		<b>1</b>	<b>18.000,00</b>	<b>18.000,00</b>
PA	Instalación eléctrica	1,00	18.000,00	18.000,00
<p>Acometida e Instalación eléctrica interior, tanto para las líneas de encendido, correspondiente a la iluminación, como para la línea de fuerza de los distintos equipos. Incluyendo todo el cableado necesario, tubos, protecciones, cuadros eléctricos, mecanismos y material auxiliar necesario para su correcta instalación y funionamiento.</p>				
		1	18.000,00	18.000,00
<b>INSTALACION DE CLIMATIZACION</b>		<b>1</b>	<b>115.413,00</b>	<b>115.413,00</b>
ud	EQUIPO DE CLIMATIZACION ROOF-TOP IPF 600	2,00	29.962,00	59.924,00
<p>Equipo Roof-Top, bomba de calor de condensación por aire con ventiladores axiales, marca CIATESA modelo SPACE IPF 600U R410, potencia frigorífica nominal de 137,5 kW y potencia calorífica nominal de 140,2 kW, caudal de aire de impulsión de 24.000 m<sup>3</sup>/h y potencia eléctrica absorbida en frío de 45,4 kW y en calor de 38,6 kW. Incluido control con sonda T+H compuesto por regulación electrónica AVANT +termostato electrónico TCO, filtración F6+F7. Totalmente instalada y puesta en funcionamiento.</p>				
ud	CONTROL CENTRALIZADO DE LA INSTALACIÓN DE CLIMATIZACION CIATESA	1,00	1.500,00	1.500,00
<p>Control centralizado para la cliamtización de CIATESA para control de las Roof Top. Totalmente instalado.</p>				
M <sup>2</sup>	CONDUCTO DE CHAPA GALVANIZADA AISLADO INTERIORMENTE	231,00	48,00	11.088,00
<p>Conductos de chapa galvanizada de 0,7 mm de espesor, con juntas transversales con vainas, aislados interiormente con lana de vidrio tipo ISOAIR, espesor aislamiento 10 mm, para la formación de conductos autoportantes para la distribución de aire en climatización. Incluido material auxiliar para su total instalaclón y funcionamiento.</p>				
M <sup>2</sup>	CONDUCTO DE CHAPA GALVANIZADA	406,00	31,00	12.586,00
<p>Conductos de chapa galvanizada de 0,7 mm de espesor, con juntas transversales con vainas, para la formación de conductos autoportantes para la distribución de aire en climatización. Incluido material auxiliar para su total instalaclón y funcionamiento.</p>				
ud	MULTITOBERA DE IMPULSIÓN LARGO ALCANCE MADEL KAP 1000x250mm	19,00	240,00	4.560,00
<p>Suministro y colocación de multi-tobera orientable manualmente en toda las direcciones de la marca MADEL modelo KAP de tamaño 1000x250 mm, construida en aluminio y acero galvanizado con acabado color galvanizado, fijación con tornillos visibles. Totalmente instalada.</p>				
ud	REJILLA DE RETORNO PARA CONDUCTOS MADEL DMT 800x800mm	5,00	83,00	415,00

Suministro y colocación de rejilla para retorno de aire de MADEL modelo DMT-AR+CM de tamaño 800X800 mm, con aletas fijas a 45º y paralelas a la cota mayor, construida en aluminio y lacado en su color, fijación con clips y marco de montaje. Totalmente instalada				
ud	REGISTRO DE CONDUCTOS PARA LIMPIEZA	16,00	115,00	1.840,00
Registros desmontables de ejecución estándar de fabricantes de conductos para la limpieza de todos los ramales de conductos, de las dimensiones necesarias ara permitir el acceso, colocados cada diez metros cómo máximo y de acuerdo a la normativa RITE. Totalemnte instalado.				
ud	EQUILIBRADO DE LA RED DE CONDUCTOS	1,00	500,00	500,00
Equilibrado de la red de conductos de la intalación de climatización realizado con intrumentaión calibrada y certificada.				
PA	INSTALACIÓN DE VENTILACIÓN ZON DE VENTAS	1,00	18.000,00	18.000,00
Instalación de ventilación para las zonas de ventas a través de recuperadores de calor con filtros adecuados según el tipo de actividad, así como red de conductos de fibra climaver neto y rejillas de impulsión/extracción necesarias y material auxiliair necesario. Totalmente termiando y puesto en marcha.				
PA	INSTALACIÓN DE CLIMATIZACIÓN Y VENTILACION RESTO ZONAS	1,00	8.500,00	8.500,00
Instalación de Climatización y ventilación para las zonas de almacen oficinas y aseos para el público.Climatización compuesta por equipos bomba de calor 1x1 inverter tipo cassette. Ventilación en oficinas y almacén por caja de ventilación marca SODECA con caja de filtros para la entrada de aire y de extractores TD SILENT de S&P. Totalmente instalaado y puesto en marcha				
		1	118.913,00	118.913,00
INSTALACIÓN CONTRA INCENDIOS		1	20.000,00	20.000,00
ud	Instalación Contra Incendios	1,00	20.000,00	20.000,00
Instalación completa de contraincendios para el edificio, incluyendo todos los elementos necesarios. Totalmente instalados.				
		1	20.000,00	20.000,00
INSTALACIÓN SANEAMIENTO Y FONTANERIA		1	6.700,00	6.700,00
PA	INSTLACIÓN DE SANEAMIENTO	1,00	5.200,00	5.200,00
Instalación de saneamiento formada por acometida de saneamiento a la red general municipal así como arquetas prefabricada registrables en solera de nave, incluyendo tubería PVC y todos los materiales necesarios para su correcta realización así como p.p. de medios auxiliares.				
PA	INSTALACIÓN DE FONTANERÍA	1,00	1.500,00	1.500,00
Instalación de saneamiento formada por acometida de saneamiento a la red general municipal así como arquetas prefabricada registrables en solera de nave, incluyendo todos los materiales necesarios para su correcta realización así como p.p. de medios auxiliares.				
		1	6.700,00	6.700,00
TOTAL NAVE 1			1.199.220,41 €	

## 9.2 Presupuesto de ejecución de Nave 2. Pórticos de Alma llena

Ud	Resumen	CanPres	PrPres	ImpPres
<b>VACIADO</b>		<b>1</b>	<b>64.792,00</b>	<b>64.792,00</b>
m <sup>2</sup>	LIMPIEZA Y DESBROCE MECÁNICO	3.850,00	3,10	11.935,00
	Limpieza y desbroce mecánico del terreno, en capas de espesor variable, dejando la superficie adecuada para el desarrollo de los trabajos a realizar y a la cota de explanación marcada en la Documentación Técnica y ajustada a las directrices de la Dirección Facultativa. Se eliminarán plantas, escombros y todos aquellos elementos que obstaculicen el posterior desarrollo de los trabajos previstos.			
m <sup>3</sup>	EXCAVACIÓN MECÁN.ZAPATAS MEDIO	3.150,00	16,78	52.857,00
	Excavación mecánica de zapatas y zanjas, en terreno de consistencia media, hasta una profundidad no superior a 3 m. Con extracción del material a los bordes de la excavación, dejando como mínimo una separación libre al borde de 1 m. Incluso parte proporcional de replanteo, protección de la obra, agotamiento de aguas en caso de ser necesario, aplomado de paredes, refino de fondos y medidas de seguridad reglamentarias.			
		1	64.792,00	64.792,00
<b>CIMENTACIÓN</b>		<b>1</b>	<b>58.927,63</b>	<b>58.927,63</b>
m <sup>3</sup>	HORMIGÓN LIMPIEZA HM-20	43,15	131,04	5.654,38
	Hormigón HM-20N/mm <sup>2</sup> , de consistencia plástica y árido de tamaño máximo 40 mm., elaborado en central, vertido en pozos y zanjas. Incluso parte proporcional de mermas y nivelación. Colocado en obra. Realizado según Instrucción CTE.			
m <sup>2</sup>	ENCOFRADO METÁLICO EN ZAPATAS Y VIGA DE ATADO	389,56	12,63	4.920,14
	Encofrado y desencofrado de zapatas y vigas de atado, mediante planchas metálicas, montado de forma que permita un fácil desencofrado. Incluso parte proporcional de apuntalamientos previos, humedecido de los paramentos, limpieza y acondicionamiento de los elementos utilizados, montaje, desmontaje, clavazón, desencofrante, arriostramientos y paso instalaciones.			
m <sup>3</sup>	HORMIGON HA-25 EN CIMENTACION	279,37	135,16	37.759,65
	Hormigón HA-25N/mm <sup>2</sup> , de consistencia plástica y árido de tamaño máximo 40 mm., elaborado en planta, vertido en zapatas y vigas de atado. Incluso parte proporcional de vibrado, curado, mermas, formación de juntas constructivas y de dilatación, nivelación final del elemento. Colocado en obra. Realizado según Instrucción CTE.			
Kg	ACERO CORRUGADO B-500 S	9.374,74	1,13	10.593,46
	Acero corrugado B 500 S, cortado, doblado, armado y colocado en obra. Incluso parte proporcional de despuntes. Realizado s/CTE e instrucción EHE-08.			
		1	58.927,63	58.927,63
<b>SOLERA</b>		<b>1</b>	<b>90.396,00</b>	<b>90.396,00</b>
m <sup>2</sup>	SOLERA HA-25/15cm. + ENCACH.20cm.	2.700,00	33,48	90.396,00
	Solera de hormigón de 15 cm. de espesor, realizada con hormigón HA-25N/mm <sup>2</sup> , tamaño máximo 20 mm. Incluso encachado de piedra caliza 40/80 mm. de 20 cm. de espesor, vertido, colocación y parte proporcional de juntas y fratasado.			
		1	90.396,00	90.396,00
<b>ESTRUCTURA</b>		<b>1</b>	<b>220.750,58</b>	<b>220.750,58</b>
m <sup>2</sup>	ENCOFRADO METÁLICO PILARES H>3m.	675,20	18,40	12.423,68

<p>Encofrado y desencofrado de pilares, de altura superior a 3 m., mediante elementos metálicos, montado de forma que permita un fácil desencofrado. Comprobándose, antes de hormigonar, la solidez del conjunto. Incluso parte proporcional de apuntalamientos, humedecido de los paramentos, limpieza y acondicionamiento de los elementos utilizados, montaje, desmontaje, clavazón, desencofrante y arriostamientos. Totalmente acabado. Realizado s/CTE e instrucción EHE-08.</p>				
m <sup>3</sup>	HA-25N/mm <sup>2</sup> C/FLUIDA EN PILARES	76,72	140,37	10.769,19
<p>Hormigón HA-25N/mm<sup>2</sup>, de consistencia fluida y árido de tamaño máximo 20mm., colocado en pilares. Hormigonado entre 5º y 40º. Incluso parte proporcional de vibrado, curado, regado del encofrado, nivelación y aplomado final del elemento. Realizado s/CTE e instrucción EHE-08.</p>				
Kg	ACERO CORRUGADO B-500 S	8.729,01	1,13	9.863,78
<p>Acero corrugado B 500 S, cortado, doblado, armado y colocado en obra. Incluso parte proporcional de despuntes. Realizado s/CTE e instrucción EHE-08.</p>				
Kg	ACERO S275 EN CERCHAS	13.384,41	2,39	31.988,74
<p>Acero laminado S275 en perfil laminado en caliente, para cerchas, uniones y soldaduras. Incluso corte, elaboración, montaje y parte proporcional de soldaduras, cartelas, placas de apoyo, rigidizadores y piezas especiales. Totalmente montado. Realizado s/CTE e instrucción EHE-08.</p>				
Kg	ACERO S275 EN ESTRUCT.SOLDADAS	83.712,47	1,86	155.705,19
<p>Acero laminado S275, en perfiles laminados en caliente, para vigas, pilares, zunchos y correas, mediante uniones soldadas. Incluso parte proporcional de soldaduras, cortes, piezas especiales, despuntes y dos manos de imprimación con pintura de minio de plomo. Totalmente montado. Realizado s/CTE e instrucción EHE-08.</p>				
		1	220.750,58	220.750,58
<b>CERRAMIENTOS</b>		<b>1</b>	<b>385.617,05</b>	<b>385.617,05</b>
m <sup>2</sup>	PANEL PREF. HGÓN. AISLADO DE FACHADA	2.448,12	92,22	225.765,63
<p>Panel de cerramiento prefabricado liso de 16 cm de espesor total, con poliestireno expandido como aislante térmico, de 4/8/4 cm. Fijado mecánicamente a pilares, vigas y solera, con ancho variable hasta una longitud máxima de cada panel de 15m, con acabado liso pulido, color a definir por el cliente y juntas machihembradas que facilitan la unión entre paneles y su sellado. Incluso parte proporcional de piezas especiales de cuelgue, huecos, en esquina, berenjenos, incluso sellado con masilla de poliuretano. Colocado con ayuda de grúa autopropulsada de 30 Tm. y medios auxiliares de montaje.</p>				
m <sup>2</sup>	CUBIERTA INCLINADA DE PANEL SANDWICH 40 mm AISLANTE, ACERO	2.924,67	40,98	119.852,98
<p>Cubierta inclinada de paneles sándwich aislantes de acero, de 40 mm de espesor y 1150 mm de ancho, alma aislante de lana de roca, con una pendiente mayor del 10% con sujeción fija totalmete instalada sobre correas.</p>				
ud	CLARABOYA CUADRADA 180x180	48,00	461,78	22.165,44
<p>Suministro e instalación de claraboya cuadrada bivalva, conformada en vidrio acrílico, de 180x180 cm., con zócalo metálico aislado y cúpula termo-conformada de policarbonato celular aislante, con reja de seguridad. Incluso parte proporcional de replanteo, aparejos, aplomado, nivelación, recibido de tacos, tuercas ciegas, tornillos, anillos, racores, arandelas, etc.</p>				

PA	PARTICIONES INTERIORES	1,00	17.833,00	17.833,00
	Cerramientos verticales interiores formados por fábrica de ladrillo cerámico hueco de 11,5 cm, enfoscado de mortero, enlucido de yeso y pintura o alicatado en caso de locales húmedos. Cerramiento horizontal en zona de oficinas y almacén compuesto por chapa metálica y falso techo de lana mineral. Incluyendo todo el material necesario para su correcto montaje.			
		1	385.617,05	385.617,05
	<b>ACABADOS</b>	<b>1</b>	<b>123.278,44</b>	<b>123.278,44</b>
	<b>PAVIMENTOS Y ALICATADOS</b>	<b>1</b>	<b>100.481,44</b>	<b>100.481,44</b>
M2	PAVIMENTO ZONA DE VENTAS	2.446,88	38,00	92.981,44
	Pavimento vinílico antideslizante, de color gris claro, previo autonivelante para su correcta instalación, incluyendo zocalo. Totalmente terminado			
PA	PAVIMENTO RESTO DE ZONAS	1,00	7.500,00	7.500,00
	Pavimento de gres para las oficinas y de gres antideslizante para aseos y almacén. Incluyendo morteros autonivelantes, zócalos, y cualquier material necesario para su correcta instalación.			
		1	100.481,44	100.481,44
	<b>CARPINTERIAS Y VIDRIOS</b>	<b>1</b>	<b>4.700,00</b>	<b>4.700,00</b>
ud	CARPINTERIA EXTERIOR	1,00	3.500,00	3.500,00
	Carpintería exterior formada por puertas de entrada, de perfiles de aleación de aluminio 6063 con tratamiento térmico T-5, marco y hoja de sección de 45 mm, con vidrio laminar 3.3. y de cerramientos acristalados con carpintería de aluminio de alta calidad y de cristales de seguridad tipo STADIP, formado por vidrios de 6+4 mm de espesor, unidos por una materia plástica de butirol de polivinilo. Totalmente instalado.			
PA	CARPINTERIA INTERIOR	1,00	1.200,00	1.200,00
	Carpintería interior formada por puertas de paso de una hoja de madera maciza de roble y vidrios interiores de carpintería de aluminio y cristales 4/2/4. Totalmente instalado.			
		1	4.700,00	4.700,00
	<b>PINTURA</b>	<b>1</b>	<b>12.500,00</b>	<b>12.500,00</b>
M2	PINTURA ZONA DE VENTAS	2.036,00	8,50	17.306,00
	Pintura plástica lisa mate en blanco, sobre paramentos verticales, lavable dos manos, incluso mano de imprimación de fondo, plastecido y mano de acabado.			
PA	PINTURA RESTO DE ZONAS	1,00	791,00	791,00
	Pintura plástica lisa mate en blanco, sobre paramentos horizontales y verticales, lavable dos manos, incluso mano de imprimación de fondo, plastecido y mano de acabado.			
		1	18.097,00	18.097,00
	<b>INSTALACIONES</b>	<b>1</b>	<b>200.206,00</b>	<b>200.206,00</b>
	<b>INSTALACIÓN DE ILUMINACION</b>	<b>1</b>	<b>71.780,00</b>	<b>71.780,00</b>
ud	ILUMINACION ZONA DE VENTAS	156,00	380,00	59.280,00
	Instalación de iluminación en zona de ventas, formada por luminarias tipo Led de la serie E7 de ETAP modelo E7211/LED2N064100S, con forma rectangular y dimensiones 2,00x0,09x0,088 m (largoxanchoxalto), de dos líneas de ledes y con un flujo luminoso de 10.248 lúmenes/ud y consumo eléctrico total, luminaria y equipo auxiliar, de 100,8 w/ud. Incluyendo cableado. Totalmente montado y conexionado al circuito eléctrico y de control correspondiente, línea de derivación de 2x1,5 mm2+Tubo, pequeño material, probada y funionando, incluso limpieza y medios auxiliares.			

PA	ILUMINACION RESTO ZONAS	1,00	12.500,00	12.500,00
	Instalación de iluminación para resto de zonas, formada por luminarias tipo Led, incluido luminarias exteriores para rótulo . Totalmente montado y conexionado al circuito eléctrico y de control correspondiente, línea de derivación, pequeño material, probado y funionando, incluso limpieza y medios auxiliares.			
		1	71.780,00	71.780,00
	<b>INSTLACION ELECTRICA</b>	1	17.000,00	17.000,00
PA	Instalación eléctrica	1,00	17.000,00	17.000,00
	Acometida e Instalación eléctrica interior, tanto para las líneas de encendido, correspondiente a la iluminación, como para la línea de fuerza de los distintos equipos. Incluyendo todo el cableado necesario,tubos, protecciones, cuadros eléctricos, mecanismos y material auxiliar necesario para su correcta instalación y funionamiento.			
		1	17.000,00	17.000,00
	<b>INSTALACION DE CLIMATIZACION</b>	1	84.726,00	84.726,00
ud	EQUIPO DE CLIMATIZACION ROOF-TOP IPF 600	1,00	29.962,00	29.962,00
	Equipo Roof-Top, bomba de calor de condensación por aire con ventiladores axiales, marca CIATESA modelo SPACE IPF 600U R410, potencia frigorífica nominal de 137,5 kW y potencia calorífica nominal de 140,2 kW, caudal de aire de impulsión de 24.000 m³/h y potencia eléctrica absorbida en frío de 45,4 kW y en calor de 38,6 kW. Incluido control con sonda T+H compuesto por regulación electrónica AVANT +termostato electrónico TCO, filtración F6+F7. Totalmente instalada y puesta en funcionamiento.			
ud	EQUIPO DE CLIMATIZACION ROOF-TOP IPF 540	1,00	29.097,00	29.097,00
	Equipo Roof-Top, bomba de calor de condensación por aire con ventiladores axiales, marca CIATESA modelo SPACE IPF 540U R410, potencia frigorífica nominal de 126,2 kW y potencia calorífica nominal de 128,7 kW, caudal de aire de impulsión de 20.400 m³/h y potencia eléctrica absorbida en frío de 39,6 kW y en calor de 35,5 kW. Incluido control con sonda T+H compuesto por regulación electrónica AVANT +termostato electrónico TCO, filtración F6+F7. Totalmente instalada y puesta en funcionamiento.			
ud	CONTROL CENTRALIZADO DE LA INSTALACIÓN DE CLIMATIZACION CIATESA	1,00	1.500,00	1.500,00
	Control centralizado para la cliamtización de CIATESA para control de las Roof Top. Totalmente instalado.			
M2	CONDUCTO DE CHAPA GALVANIZADA AISLADO INTERIORMENTE	223,00	48,00	10.704,00
	Conductos de chapa galvanizada de 0,7 mm de espesor, con juntas transversales con vainas, aislados interiormente con lana de vidrio tipo ISOAIR, espesor aislamiento 10 mm, para la formación de conductos autoportantes para la distribución de aire en climatización. Incluido material auxiliar para su total instaalción y funcionamiento.			
M2	CONDUCTO DE CHAPA GALVANIZADA	395,00	31,00	12.245,00
	Conductos de chapa galvanizada de 0,7 mm de espesor, con juntas transversales con vainas, para la formación de conductos autoportantes para la distribución de aire en climatización. Incluido material auxiliar para su total instaalción y funcionamiento.			
ud	MULTITOBERA DE IMPULSIÓN LARGO ALCANCE MADEL KAP 1000x250mm	19,00	240,00	4.560,00
	Suministro y colocación de multi-tobera orientable manualmente en toda las direcciones de la marca MADEL modelo KAP de tamaño 1000x250 mm, construida en aluminio y acero galvanizado con acabado color galvanizado, fijación con tornillos visibles. Totalmente instalada.			
ud	REJILLA DE RETORNO PARA CONDUCTOS MADEL DMT 800x800mm	5,00	83,00	415,00

Suministro y colocación de rejilla para retorno de aire de MADEL modelo DMT-AR+CM de tamaño 800X800 mm, con aletas fijas a 45º y paralelas a la cota mayor, construida en aluminio y lacado en su color, fijación con clips y marco de montaje. Totalmente instala				
ud	REGISTRO DE CONDUCTOS PARA LIMPIEZA	16,00	115,00	1.840,00
Registros desmontables de ejecución estándar de fabricantes de conductos para la limpieza de todos los ramales de conductos, de las dimensiones necesarias ara permitir el acceso, colocados cada diez metros cómo máximo y de acuerdo a la normativa RITE. Totalemnte instalado.				
ud	EQUILIBRADO DE LA RED DE CONDUCTOS	1,00	500,00	500,00
Equilibrado de la red de conductos de la intalación de climatización realizado con intrumentaión calibrada y certificada.				
PA	INSTALACIÓN DE VENTILACIÓN ZON DE VENTAS	1,00	18.000,00	18.000,00
Instalación de ventilación para las zonas de ventas a través de recuperadores de calor con filtros adecuados según el tipo de actividad, así como red de conductos de fibra climaver neto y rejas de impulsión/extracción necesarias y material auxiliair necesario. Totalmente termiando y puesto en marcha.				
PA	INSTALACIÓN DE CLIMATIZACIÓN Y VENTILACION RESTO ZONAS	1,00	5.000,00	5.000,00
Instalación de Climatización y ventilación para las zonas de almacen oficinas y aseos para el público.Climatización compuesta por equipos bomba de calor 1x1 inverter tipo cassette. Ventilación en oficinas y almacén por caja de ventilación marca SODECA con caja de filtros para la entrada de aire y de extractores TD SILENT de S&P. Totalmente instaaldo y puesto en marcha				
		1	84.726,00	84.726,00
INSTALACIÓN CONTRA INCENDIOS		1	20.000,00	20.000,00
ud	Instalación Contra Incendios	1,00	20.000,00	20.000,00
Instalación completa de contraincendios para el edificio, incluyendo todos los elementos necesarios. Totalmente instalados.				
		1	20.000,00	20.000,00
INSTALACIÓN SANEAMIENTO Y FONTANERIA		1	6.700,00	6.700,00
PA	INSTLACIÓN DE SANEAMIENTO	1,00	5.200,00	5.200,00
Instalación de saneamiento formada por acometida de saneamiento a la red general municipal así como arquetas prefabricada registrables en solera de nave, incluyendo tubería PVC y todos los materiales necesarios para su correcta realización así como p.p. de medios auxiliares.				
PA	INSTALACIÓN DE FONTANERÍA	1,00	1.500,00	1.500,00
Instalación de saneamiento formada por acometida de saneamiento a la red general municipal así como arquetas prefabricada registrables en solera de nave, incluyendo todos los materiales necesarios para su correcta realización así como p.p. de medios auxiliares.				
		1	6.700,00	6.700,00
TOTAL NAVE 2			1.143.967,70 €	



### 9.3 Presupuesto de ejecución de Nave 3. Dientes de sierra

<b>Ud</b>	<b>Resumen</b>	<b>CanPres</b>	<b>PrPres</b>	<b>ImpPres</b>
<b>VACIADO</b>		<b>1</b>	<b>64.792,00</b>	<b>64.792,00</b>
m <sup>2</sup>	LIMPIEZA Y DESBROCE MECÁNICO	3.850,00	3,10	11.935,00
	Limpieza y desbroce mecánico del terreno, en capas de espesor variable, dejando la superficie adecuada para el desarrollo de los trabajos a realizar y a la cota de explanación marcada en la Documentación Técnica y ajustada a las directrices de la Dirección Facultativa. Se eliminarán plantas, escombros y todos aquellos elementos que obstaculicen el posterior desarrollo de los trabajos previstos.			
m <sup>3</sup>	EXCAVACIÓN MECÁN.ZAPATAS MEDIO	3.150,00	16,78	52.857,00
	Excavación mecánica de zapatas y zanjas, en terreno de consistencia media, hasta una profundidad no superior a 3 m. Con extracción del material a los bordes de la excavación, dejando como mínimo una separación libre al borde de 1 m. Incluso parte proporcional de replanteo, protección de la obra, agotamiento de aguas en caso de ser necesario, aplomado de paredes, refino de fondos y medidas de seguridad reglamentarias.			
		<b>1</b>	<b>64.792,00</b>	<b>64.792,00</b>
<b>CIMENTACIÓN</b>		<b>1</b>	<b>41.676,09</b>	<b>41.676,09</b>
m <sup>3</sup>	HORMIGÓN LIMPIEZA HM-20	34,25	131,04	4.488,12
	Hormigón HM-20N/mm <sup>2</sup> , de consistencia plástica y árido de tamaño máximo 40 mm., elaborado en central, vertido en pozos y zanjas. Incluso parte proporcional de mermas y nivelación. Colocado en obra. Realizado según Instrucción CTE.			
m <sup>2</sup>	ENCOFRADO METÁLICO EN ZAPATAS Y VIGA DE ATADO	302,76	12,63	3.823,86
	Encofrado y desencofrado de zapatas y vigas de atado, mediante planchas metálicas, montado de forma que permita un fácil desencofrado. Incluso parte proporcional de apuntalamientos previos, humedecido de los paramentos, limpieza y acondicionamiento de los elementos utilizados, montaje, desmontaje, clavazón, desencofrante, arriostramientos y paso instalaciones.			
m <sup>3</sup>	HORMIGON HA-25 EN CIMENTACION	190,85	135,16	25.795,29
	Hormigón HA-25N/mm <sup>2</sup> , de consistencia plástica y árido de tamaño máximo 40 mm., elaborado en planta, vertido en zapatas y vigas de atado. Incluso parte proporcional de vibrado, curado, mermas, formación de juntas constructivas y de dilatación, nivelación final del elemento. Colocado en obra. Realizado según Instrucción CTE.			
Kg	ACERO CORRUGADO B-500 S	6.698,07	1,13	7.568,82
	Acero corrugado B 500 S, cortado, doblado, armado y colocado en obra. Incluso parte proporcional de despuntes. Realizado s/CTE e instrucción EHE-08.			
		<b>1</b>	<b>41.676,09</b>	<b>41.676,09</b>
<b>SOLERA</b>		<b>1</b>	<b>90.396,00</b>	<b>90.396,00</b>
m <sup>2</sup>	SOLERA HA-25/15cm. + ENCACH.20cm.	2.700,00	33,48	90.396,00
	Solera de hormigón de 15 cm. de espesor, realizada con hormigón HA-25N/mm <sup>2</sup> , tamaño máximo 20 mm. Incluso encachado de piedra caliza 40/80 mm. de 20 cm. de espesor, vertido, colocación y parte proporcional de juntas y fratasado.			
		<b>1</b>	<b>90.396,00</b>	<b>90.396,00</b>
<b>ESTRUCTURA</b>		<b>1</b>	<b>272.482,84</b>	<b>272.482,84</b>
m <sup>2</sup>	ENCOFRADO METÁLICO PILARES H>3m.	918,70	18,40	16.904,08

<p>Encofrado y desencofrado de pilares, de altura superior a 3 m., mediante elementos metálicos, montado de forma que permita un fácil desencofrado. Comprobándose, antes de hormigonar, la solidez del conjunto. Incluso parte proporcional de apuntalamientos, humedecido de los paramentos, limpieza y acondicionamiento de los elementos utilizados, montaje, desmontaje, clavazón, desencofrante y arriostamientos. Totalmente acabado. Realizado s/CTE e instrucción EHE-08.</p>				
m <sup>3</sup>	HA-25N/mm <sup>2</sup> C/FLUIDA EN PILARES	101,02	140,37	14.180,18
<p>Hormigón HA-25N/mm<sup>2</sup>, de consistencia fluida y árido de tamaño máximo 20mm., colocado en pilares. Hormigonado entre 5º y 40º. Incluso parte proporcional de vibrado, curado, regado del encofrado, nivelación y aplomado final del elemento. Realizado s/CTE e instrucción EHE-08.</p>				
Kg	ACERO CORRUGADO B-500 S	12.189,13	1,13	13.773,72
<p>Acero corrugado B 500 S, cortado, doblado, armado y colocado en obra. Incluso parte proporcional de despuntes. Realizado s/CTE e instrucción EHE-08.</p>				
Kg	ACERO S275 EN CERCHAS	66.388,03	2,39	158.667,39
<p>Acero laminado S275 en perfil laminado en caliente, para cerchas, uniones y soldaduras. Incluso corte, elaboración, montaje y parte proporcional de soldaduras, cartelas, placas de apoyo, rigidizadores y piezas especiales. Totalmente montado. Realizado s/CTE e instrucción EHE-08.</p>				
Kg	ACERO S275 EN ESTRUCT.SOLDADAS	37.073,91	1,86	68.957,47
<p>Acero laminado S275, en perfiles laminados en caliente, para vigas, pilares, zunchos y correas, mediante uniones soldadas. Incluso parte proporcional de soldaduras, cortes, piezas especiales, despuntes y dos manos de imprimación con pintura de minio de plomo. Totalmente montado. Realizado s/CTE e instrucción EHE-08.</p>				
		1	272.482,84	272.482,84
<b>CERRAMIENTOS</b>		<b>1</b>	<b>499.949,84</b>	<b>499.949,84</b>
m <sup>2</sup>	PANEL PREF. HGÓN. AISLADO DE FACHADA	2.448,12	92,22	225.765,63
<p>Panel de cerramiento prefabricado liso de 16 cm de espesor total, con poliestireno expandido como aislante térmico, de 4/8/4 cm. Fijado mecánicamente a pilares, vigas y solera, con ancho variable hasta una longitud máxima de cada panel de 15m, con acabado liso pulido, color a definir por el cliente y juntas machihembradas que facilitan la unión entre paneles y su sellado. Incluso parte proporcional de piezas especiales de cuelgue, huecos, en esquina, berenjenos, incluso sellado con masilla de poliuretano. Colocado con ayuda de grúa autopropulsada de 30 Tm. y medios auxiliares de montaje.</p>				
m <sup>2</sup>	CUBIERTA INCLINADA DE PANEL SANDWICH 80 mm AISLANTE, ACERO	2.823,48	46,90	132.421,21
<p>Cubierta inclinada de paneles sándwich aislantes de acero, de 80 mm de espesor y 1150 mm de ancho, alma aislante de lana de roca, con una pendiente mayor del 10% con sujección fija totalmete instalada sobre correas.</p>				
m <sup>2</sup>	LUCERNARIO POLICARBONATO EN CUBIERTA	612,00	202,50	123.930,00
<p>Lucernario con una luz máxima menor de 3 m revestido con placas alveolares de policarbonato celular incolora y 6 mm de espesor totalmente instalado en cubierta ligera.</p>				
PA	PARTICIONES INTERIORES	1,00	17.833,00	17.833,00

Cerramientos verticales interiores formados por fábrica de ladrillo cerámico hueco de 11,5 cm, enfoscado de mortero, enlucido de yeso y pintura o alicatado en caso de locales húmedos. Cerramiento horizontal en zona de oficinas y almacén compuesto por chapa metálica y falso techo de lana mineral. Incluyendo todo el material necesario para su correcto montaje.

		1	499.949,84	499.949,84
<b>ACABADOS</b>		<b>1</b>	<b>123.278,44</b>	<b>123.278,44</b>
<b>PAVIMENTOS Y ALICATADOS</b>		<b>1</b>	<b>100.481,44</b>	<b>100.481,44</b>
M2	PAVIMENTO ZONA DE VENTAS	2.446,88	38,00	92.981,44
	Pavimento vinílico antideslizante, de color gris claro, previo autonivelante para su correcta instalación, incluyendo zocalo. Totalmente terminado			
PA	PAVIMENTO RESTO DE ZONAS	1,00	7.500,00	7.500,00
	Pavimento de gres para las oficinas y de gres antideslizante para aseos y almacén. Incluyendo morteros autonivelantes, zócalos, y cualquier material necesario para su correcta instalación.			
		1	100.481,44	100.481,44
<b>CARPINTERIAS Y VIDRIOS</b>		<b>1</b>	<b>4.700,00</b>	<b>4.700,00</b>
ud	CARPINTERIA EXTERIOR	1,00	3.500,00	3.500,00
	Carpintería exterior formada por puertas de entrada, de perfiles de aleación de aluminio 6063 con tratamiento térmico T-5, marco y hoja de sección de 45 mm, con vidrio laminar 3.3. y de cerramientos acristalados con carpintería de aluminio de alta calidad y de cristales de seguridad tipo STADIP, formado por vidrios de 6+4 mm de espesor, unidos por una materia plástica de butirol de polivinilo. Totalmente instalado.			
PA	CARPINTERIA INTERIOR	1,00	1.200,00	1.200,00
	Carpintería interior formada por puertas de paso de una hoja de madera maciza de roble y vidrios interiores de carpintería de aluminio y cristales 4/2/4. Totalmente instalado.			
		1	4.700,00	4.700,00
<b>PINTURA</b>		<b>1</b>	<b>12.500,00</b>	<b>12.500,00</b>
M2	PINTURA ZONA DE VENTAS	2.036,00	8,50	17.306,00
	Pintura plástica lisa mate en blanco, sobre paramentos verticales, lavable dos manos, incluso mano de imprimación de fondo, plastecido y mano de acabado.			
PA	PINTURA RESTO DE ZONAS	1,00	791,00	791,00
	Pintura plástica lisa mate en blanco, sobre paramentos horizontales y verticales, lavable dos manos, incluso mano de imprimación de fondo, plastecido y mano de acabado.			
		1	18.097,00	18.097,00
<b>INSTALACIONES</b>		<b>1</b>	<b>241.453,00</b>	<b>241.453,00</b>
<b>INSTALACIÓN DE ILUMINACION</b>		<b>1</b>	<b>71.780,00</b>	<b>71.780,00</b>
ud	ILUMINACION ZONA DE VENTAS	156,00	380,00	59.280,00
	Instalación de iluminación en zona de ventas, formada por luminarias tipo Led de la serie E7 de ETAP modelo E7211/LED2N064100S, con forma rectangular y dimensiones 2,00x0,09x0,088 m (largoxanchoxalto), de dos líneas de ledes y con un flujo luminoso de 10.248 lúmenes/ud y consumo eléctrico total, luminaria y equipo auxiliar, de 100,8 w/ud. Incluyendo cableado. Totalmente montado y conexionado al circuito eléctrico y de control correspondiente, línea de derivación de 2x1,5 mm2+Tubo, pequeño material, probada y funionando, incluso limpieza y medios auxiliares.			
PA	ILUMINACION RESTO ZONAS	1,00	12.500,00	12.500,00

Instalación de iluminación para resto de zonas, formada por luminarias tipo Led, incluido luminarias exteriores para rótulo. Totalmente montado y conexionado al circuito eléctrico y de control correspondiente, línea de derivación, pequeño material, probado y funcionando, incluso limpieza y medios auxiliares.

		1	71.780,00	71.780,00
<b>INSTALACION ELECTRICA</b>		<b>1</b>	<b>19.000,00</b>	<b>19.000,00</b>
PA	Instalación eléctrica	1,00	19.000,00	19.000,00
	Acometida e Instalación eléctrica interior, tanto para las líneas de encendido, correspondiente a la iluminación, como para la línea de fuerza de los distintos equipos. Incluyendo todo el cableado necesario, tubos, protecciones, cuadros eléctricos, mecanismos y material auxiliar necesario para su correcta instalación y funcionamiento.			
		1	19.000,00	19.000,00
<b>INSTALACION DE CLIMATIZACION</b>		<b>1</b>	<b>123.973,00</b>	<b>123.973,00</b>
ud	EQUIPO DE CLIMATIZACION ROOF-TOP IPF 650	2,00	33.314,00	66.628,00
	Equipo Roof-Top, bomba de calor de condensación por aire con ventiladores axiales, marca CIATESA modelo SPACE IPF 650U R410, potencia frigorífica nominal de 152,1 kW y potencia calorífica nominal de 158,9 kW, caudal de aire de impulsión de 27.500 m³/h y potencia eléctrica absorbida en frío de 48,2 kW y en calor de 43,8 kW. Incluido control con sonda T+H compuesto por regulación electrónica AVANT +termostato electrónico TCO, filtración F6+F7. Totalmente instalada y puesta en funcionamiento.			
ud	CONTROL CENTRALIZADO DE LA INSTALACIÓN DE CLIMATIZACION CIATESA	1,00	1.500,00	1.500,00
	Control centralizado para la climatización de CIATESA para control de las Roof Top. Totalmente instalado.			
M2	CONDUCTO DE CHAPA GALVANIZADA AISLADO INTERIORMENTE	242,00	48,00	11.616,00
	Conductos de chapa galvanizada de 0,7 mm de espesor, con juntas transversales con vainas, aislados interiormente con lana de vidrio tipo ISOAIR, espesor aislamiento 10 mm, para la formación de conductos autoportantes para la distribución de aire en climatización. Incluido material auxiliar para su total instalación y funcionamiento.			
M2	CONDUCTO DE CHAPA GALVANIZADA	428,00	31,00	13.268,00
	Conductos de chapa galvanizada de 0,7 mm de espesor, con juntas transversales con vainas, para la formación de conductos autoportantes para la distribución de aire en climatización. Incluido material auxiliar para su total instalación y funcionamiento.			
ud	MULTITOBERA DE IMPULSIÓN LARGO ALCANCE MADEL KAP 1000x300mm	19,00	274,00	5.206,00
	Suministro y colocación de multi-tobera orientable manualmente en todas las direcciones de la marca MADEL modelo KAP de tamaño 1000x300 mm, construida en aluminio y acero galvanizado con acabado color galvanizado, fijación con tornillos visibles. Totalmente instalada.			
ud	REJILLA DE RETORNO PARA CONDUCTOS MADEL DMT 800x800mm	5,00	83,00	415,00
	Suministro y colocación de rejilla para retorno de aire de MADEL modelo DMT-AR+CM de tamaño 800x800 mm, con aletas fijas a 45º y paralelas a la cota mayor, construida en aluminio y lacado en su color, fijación con clips y marco de montaje. Totalmente instalada.			
ud	REGISTRO DE CONDUCTOS PARA LIMPIEZA	16,00	115,00	1.840,00
	Registros desmontables de ejecución estándar de fabricantes de conductos para la limpieza de todos los ramales de conductos, de las dimensiones necesarias para permitir el acceso, colocados cada diez metros como máximo y de acuerdo a la normativa RITE. Totalmente instalado.			
ud	EQUILIBRADO DE LA RED DE CONDUCTOS	1,00	500,00	500,00

Equilibrado de la red de conductos de la intalación de climatización realizado con intrumentaión calibrada y certificada.				
PA	INSTALACIÓN DE VENTILACIÓN ZON DE VENTAS	1,00	18.000,00	18.000,00
Instalación de ventilación para las zonas de ventas a través de recuperadores de calor con filtros adecuados según el tipo de actividad, así como red de conductos de fibra climaver neto y rejillas de impulsión/extracción necesarias y material auxilair necesario. Totalmente termiando y puesto en marcha.				
PA	INSTALACIÓN DE CLIMATIZACIÓN Y VENTILACION RESTO ZONAS	1,00	5.000,00	5.000,00
Instalación de Climatización y ventilación para las zonas de almacen oficinas y aseos para el público.Climatización compuesta por equipos bomba de calor 1x1 inverter tipo cassette. Ventilación en oficinas y almacén por caja de ventilación marca SODECA con caja de filtros para la entrada de aire y de extractores TD SILENT de S&P. Totalmente instaaldo y puesto en marcha				
		1	123.973,00	123.973,00
INSTALACIÓN CONTRA INCENDIOS		1	20.000,00	20.000,00
ud	Instalación Contra Incendios	1,00	20.000,00	20.000,00
Instalación completa de contraincendios para el edificio, incluyendo todos los elementos necesarios. Totalmente instalados.				
		1	20.000,00	20.000,00
INSTALACIÓN SANEAMIENTO Y FONTANERIA		1	6.700,00	6.700,00
PA	INSTLACIÓN DE SANEAMIENTO	1,00	5.200,00	5.200,00
Instalación de saneamiento formada por acometida de saneamiento a la red general municipal así como arquetas prefabricada registrables en solera de nave, incluyendo tubería PVC y todos los materiales necesarios para su correcta realización así como p.p. de medios auxiliares.				
PA	INSTALACIÓN DE FONTANERÍA	1,00	1.500,00	1.500,00
Instalación de saneamiento formada por acometida de saneamiento a la red general municipal así como arquetas prefabricada registrables en solera de nave, incluyendo todos los materiales necesarios para su correcta realización así como p.p. de medios auxiliares.				
		1	6.700,00	6.700,00
TOTAL NAVE 3			1.334.028,21	

## 9.4 Resumen del presupuesto

En la siguiente tabla se indica a modo de resumen los presupuestos de las diferentes naves:

Partidas Presupuesto	NAVE 1	NAVE 2	NAVE 3
VACIADO	64.792,00	64.792,00	64.792,00
CIMENTACIÓN	51.136,47	58.927,63	41.676,09
SOLERA	90.396,00	90.396,00	90.396,00
ESTRUCTURA	200.545,95	220.750,58	272.482,84
CERRAMIENTOS	433.678,55	385.617,05	499.949,84
ACABADOS	123.278,44	123.278,44	123.278,44
INSTALACIONES	231.893,00	200.206,00	241.453,00
<b>TOTAL (€)</b>	<b>1.195.720,41</b>	<b>1.143.967,70</b>	<b>1.334.028,21</b>

A pesar de que, en cuanto a la parte estructural, es la nave 1 la que ofrece el precio más económico, en las partidas de cerramientos y de instalaciones es la nave 2 la que presenta costes considerablemente inferiores, con lo que se consigue, con esta tipología de pórticos de alma llena, el mejor precio de ejecución de las tres naves.

En el caso de los cerramientos la nave 2 presenta un mejor precio debido, básicamente, al diseño del tipo de cubierta. La cubierta tipo deck de la nave 1 es más costosa y en la nave 3 el aumento de coste es a causa de los lucernarios.

En cuanto a instalaciones, la diferencia de costes proviene de la instalación de climatización ya que en la nave 2, no sólo tiene un conjunto de equipos de menor potencia térmica, que obviamente resultan más económicos, sino que además las cantidades del resto de partidas de la instalación de clima también disminuyen, pues hay menos conductos de chapa y la difusión, por ejemplo, con respecto a la nave 3, es de menor tamaño. Además, también se ha tenido en cuenta que los equipos de la nave 1 y de la nave 3, al ser más grandes y tener un mayor consumo eléctrico, tendrán asociados una mayor instalación eléctrica, mayores secciones de cableado y protecciones en cuadros, aunque esta diferencia considerada, como se puede ver en el desglose de cada uno de los presupuestos, es mínima.

## **10. CONSUMO ENERGÉTICO.**

No solo interesa conocer el coste de ejecución de la nave en cada uno de los casos, sino también es muy importante el coste debido al consumo energético que va a tener durante los años de uso y explotación. En este capítulo se procede a calcular el consumo energético para cada uno de los diseños con el fin de incluirlo en los costes de mantenimiento y funcionamiento y poder tomar una decisión a la hora de elegir un diseño que resulte más atractivo en cuanto a coste y consumo energético.

### **10.1 Consumo energético en instalación de iluminación:**

Para el caso de la iluminación, ya se ha calculado anteriormente en la zona de ventas el consumo energético anual de cada una de las naves, teniendo en cuenta el aprovechamiento en cada una de ellas de la luz natural. Pero faltaría la zona de oficinas, almacén y zonas comunes que sería común a las tres tipologías.

Para el cálculo del consumo energético a través de la iluminación en estas zonas comunes, se va a estimar una potencia instalada de iluminación por metros cuadrados de superficie, teniendo en cuenta la potencia máxima de iluminación establecida en la sección HE3 del CTE según diversos usos, en su tabla 2.2.

Uso del edificio	Potencia máxima instalada [W/m2]
Administrativo	12
Aparcamiento	5
Comercial	15
Docente	15
Hospitalario	15
Restauración	18
Auditorios, teatros, cines	15
Residencial Público	12
Otros	10
Edificios con nivel de iluminación superior a 600lux	25

**Tabla 46. Potencia máxima de iluminación, tabla 2.2 CTE HE3**

Para la zona de oficinas, al ser de uso administrativo, se va a tomar 10w/m2. Pero se diferencia la parte de sala de juntas y aseos del personal empleado, que sólo se permanecerán encendidas cuando estén en uso, por lo que se aplica para estas zonas un coeficiente de simultaneidad del 0,8.

En el caso del almacén, se va aplicar la misma relación que existe en la zona de ventas, es decir, 6,5 w/m2.

Y por último en el aseo de uso público se considera 8 w/m2.

Con todo lo indicado y para un total de horas de funcionamiento al año de 4.356 h se obtiene:

		m2	w/m2	H	kWh anual
Oficinas	Zona 1	106,62	10	4356	4.644,37
	Zona 2	26	10*0,8		906,05
Almacén		132,62	6,5		3.755,00
Aseos público		30,5	8		1.062,86
Total consumo anual					10.368,28

**Tabla 47. Consumo energético de iluminación en zona de oficinas, elaboración propia.**

Si se añade este consumo, común a cada nave, a lo que ya se había obtenido de la zona de ventas, sale un total de consumo energético por instalación de iluminación de:

	Nave 1	Nave 2	Nave 3
Zona ventas	43.067,89	32.779,36	35.753,77
Resto zonas	10.368,28	10.368,28	10.368,28
<b>Kwh anual</b>	<b>53.436,17</b>	<b>43.147,64</b>	<b>46.122,05</b>

**Tabla 48. Consumo energético de iluminación, elaboración propia.**



## 10.2 Consumo energético en equipos instalados:

Únicamente se consideran los ya indicados en la zona de ventas y 5 ordenadores en la zona de oficinas.

Se consideraron para la zona de ventas una serie de ordenadores y caja registradoras así como televisiones en zona de exposición y los ordenadores usados en la zona de oficinas.

Para el caso de los 15 TV en exposición, al haber de pequeño y gran tamaño, se va a tener en cuenta una potencia media de 85 w de consumo para cada uno de ellos. Su funcionamiento anual será el tiempo que está abierto el local, 4.356h.

Los ordenadores en exposición al estar prácticamente en reposo la mayor parte de tiempo y teniendo sus prestaciones limitadas, se considerará un consumo mínimo unitario de 40 w, siendo su funcionamiento también de 4.356 h anuales. En cambio para el caso de la oficina donde habrán 5 ordenadores, el consumo es mayor al tener un funcionamiento "normal" durante las horas de trabajo, de unos 300 w. Eso sí, en este caso las horas de funcionamiento son las del horario laboral del personal administrativo, es decir 8 horas de lunes a viernes, siendo el total anual de 840h.

Y por último las cajas registradoras de la zona de venta tienen un consumo de 150 w y su funcionamiento no va a ser continuo, por lo que se considera un coeficiente de simultaneidad de un 60%.

En definitiva, se tiene el siguiente consumo total de los equipos eléctricos:

	Cantidad	kWh anual
TV exposición	15,00	5.553,90
Ordenadores exposición	8,00	1.260,00
Equipamiento informático	5,00	2.744,28
Cajas registradoras	7,00	1.393,92
Total consumo anual		10.952,10

*Tabla 49. Consumo energético de equipos instalados, elaboración propia.*

## 10.3 Consumo energético Sistema Ventilación.

La ventilación no ha sido objeto de cálculo en este estudio, pero aún así se puede sacar una estimación del consumo que podría tener en las naves. En este caso, tal y como se dijo anteriormente, al depender del número de ocupantes y del número de urinarios de los aseos, va a ser la misma en los tres casos.

Se considera, en cada zona, unos equipos de ventilación con el caudal y consumo eléctrico indicado a continuación. Estos datos se han obtenido de los aportados por el fabricante Soler y Palau (S&P) para sus equipos de ventilación.

- Zona de Ventas: 4 equipos de 4250 m<sup>3</sup>/h, de 5 kw/ud.
- Aseos de uso personal empleado: 2 equipos de 90 m<sup>3</sup>/h, de 25 w/ud

- Aseos públicos: 2 equipos de 360 m<sup>3</sup>/h, de 59 w/ud
- Zona oficinas y almacén: 2 equipos de 480 m<sup>3</sup>/h, de 204 w/ud

El funcionamiento de los equipos de ventilación va en función de las renovaciones/hora que cada uno realiza. En la norma DIN 1946 se aconseja una serie de renovaciones/hora en función del tipo del local.

Tipo de Local		Nº. Renovaciones de aire por hora
WC, inodoros	Privados	4-5
	Públicos	8-15
Aseos y baños		5-7
Duchas		15-25
Bibliotecas		4-5
Oficinas		4-8
Tintorerías		5-15
Cabinas de pintura		25-50
Garajes y parkings		5
Salas de decapado		5-15
Locales de acumuladores		5-10
Armarios roperos		4-6
Restaurantes y casinos		8-12
Industrias de Fundiciones		8-15

**Tabla 50. Renovaciones/hora recomendadas según tipo de local, DIN 1946.**

A continuación se indica lo estimado basándose en lo indicado en esta norma para cada una de las zonas:

- Zona de Ventas: 6 renov/h.
- Aseos de uso personal empleado: 5 renov/h.
- Aseos públicos: 8 renov/h.
- Zona oficinas y almacén: 6 renov/h.

Estimando que cada renovación dura 5 minutos se tiene un consumo del sistema de ventilación:

	Potencia (kW)	uds	h anual	kWh
<b>Z.Ventas</b>	5,00	4,00	2.178,00	43.560,00
<b>Aseos empleados</b>	0,03	2,00	1.829,52	91,48
<b>Aseos públicos</b>	0,06	2,00	2.918,52	344,39
<b>Oficina y almacén</b>	0,20	2,00	2.178,00	888,62

**Total consumo anual 44.884,49**

**Tabla 51. Consumo energético de sistema ventilación, elaboración propia.**

## 10.4 Consumo energético Sistema Climatización.

- Zona de ventas:

Para el cálculo de consumo energético de los equipos Roof-Top instalados, hay varios factores que hay tener en cuenta. Por un lado estos equipos son de tipo On-Off, es decir, se ponen en marcha cuando hay demanda, pero al llegar a su temperatura de consigna se paran y no vuelven a arrancar hasta que nuevamente la temperatura interior de la nave indique que es necesario. Aún así las Roof-Top diseñadas tienen dos compresores, por lo que tendrán su máximo consumo cuando los dos compresores se pongan en marcha, cosa que ocurre la primera vez que se enciende el equipo y cuando hay mucha necesidad térmica, de refrigeración o calefacción, y el resto de tiempo se mantiene con un solo compresor, consumiendo en este caso un 40% menos. Además, el consumo es distinto si es en modo de refrigeración o en modo de calefacción.

Por otro lado hay que tener en cuenta el tiempo de funcionamiento, ya sea en época de demanda de refrigeración como en demanda de calefacción.

No todo el año vamos a utilizar la refrigeración o la calefacción, sino que existirán periodos en los que sólo con la ventilación habrá en el interior de las naves, condiciones adecuadas de temperatura y humedad.

### Funcionamiento en Modo Refrigeración

Se ha considerado como media que desde el 1 de junio al 30 de septiembre, la refrigeración va a estar en funcionamiento de forma continua. Pero no es lo mismo el 1 de junio en el que probablemente la refrigeración se requiera más en momentos centrales del día, que el 1 de agosto que será durante todo el día, incluso antes del horario de apertura, para que una vez abierto ya esté climatizado. Por ello, se han estimado una serie de tiempos según el periodo considerado y según la franja horaria, en que también se estipula el funcionamiento de los dos compresores, desde el arranque de forma alternativa en el caso de los meses de más calor, a sólo en la franja de más carga térmica, por condiciones exteriores, en el periodo de temperaturas más suaves.

- Periodo del 1 de junio al 14 de junio y del 16 al 30 de septiembre (periodo 1).

Durante este periodo se ha considerado que el tiempo de funcionamiento es desde las 12h hasta las 19h. El arranque lo harán los dos compresores que estarán 30 minutos en funcionamiento aproximadamente y después se estima que cada 30 minutos se pondrá en funcionamiento uno de los compresores durante unos 15 minutos.

- Periodo del 15 de junio al 15 de septiembre (periodo 2).

Para este periodo el horario de funcionamiento se amplía, desde las 9.45h hasta las 21.15h. y también el tiempo de funcionamiento, que ahora se estima cada 30 minutos con una duración también de 30 minutos, y se intercala el funcionamiento de uno y dos compresores.

### Funcionamiento en Modo Calefacción

Lo mismo va a suceder con la demanda de calefacción; ahora el periodo estimado de funcionamiento va a ser del 1 de noviembre al 30 de marzo, siendo los meses de diciembre enero y febrero los de mayor demanda por ser el periodo en el que se tiene menor temperatura

exterior.

- Periodo del 1 al 30 de noviembre y del 1 al 31 de marzo (periodo 1).

El funcionamiento diario del equipo de climatización será desde las 10h de la mañana hasta las 21,45h de la noche. El arranque será con los dos compresores que estarán 30 minutos en funcionamiento y después se estima cada 30 minutos se pondrá en funcionamiento sólo uno de los compresores unos 15 minutos.

- Periodo del 1 de diciembre al 28 de febrero (periodo 2).

Ya que es justo durante la noche cuando mayores pérdidas térmicas ha sufrido el edificio y este es el periodo con menor temperatura exterior, el equipo de climatización se pondrá en marcha media hora antes de la apertura. Por lo que el tiempo de funcionamiento estimado es desde las 9.30h hasta las 21.30h. En este caso, en las primeras horas de la mañana y por la tarde, el tiempo de funcionamiento será de 30 minutos, no de 15 minutos, y al igual que en los meses más calurosos, se considera un funcionamiento alternativo de los dos compresores.

Como cada nave tiene un sistema de climatización compuesto por modelos distintos de Roof-Top con diferentes consumos, a continuación se indica el consumo energético de cada una de ellas:

			1 compresor		2 compresores		kwh	TOTAL Kwh
			Potencia kW	h anual	Potencia kW	h anual		
Nave 1	Refrigeracion	periodo 1	54,48	70	90,8	14	5.084,80	83.280,28
		periodo 2	54,48	276	90,8	276	40.097,28	
	Calefacción	periodo 1	46,32	82,5	77,2	30	6.137,40	
		periodo 2	46,32	202,5	77,2	292,5	31.960,80	
Nave 2	Refrigeracion	periodo 1	51	70	85	14	4.760,00	78.864,35
		periodo 2	51	276	85	276	37.536,00	
	Calefacción	periodo 1	44,46	82,5	74,1	30	5.890,95	
		periodo 2	44,46	202,5	74,1	292,5	30.677,40	
Nave 3	Refrigeracion	periodo 1	57,84	70	96,4	14	5.398,40	91.199,24
		periodo 2	57,84	276	96,4	276	42.570,24	
	Calefacción	periodo 1	52,56	82,5	87,6	30	6.964,20	
		periodo 2	52,56	202,5	87,6	292,5	36.266,40	

**Tabla 52. Consumo energético de sistema climatización zona de ventas, elaboración propia.**

- Zona de oficinas y almacén:

De forma común a las tres tipologías, se tiene el sistema de climatización como ya se ha indicado anteriormente.

El funcionamiento será tanto para las zonas de recepción y administración de la oficina y almacén, el tiempo en el que la tienda esté abierta. Para el caso de sala de juntas se estima una media de funcionamiento de 5 horas semanales y para el despacho de 8h diarias de lunes a viernes, siendo los días de cada modo de funcionamiento, al igual que para la zona de venta, de 120 días cada uno.

En la siguiente tabla se encuentra los consumos considerados para cada dependencia y el total de la zona de oficinas y almacén en cuanto a los equipos de climatización se refiere.

Dependencias		Refrigeracion		Calefacción		Horas funcionamiento anual por modo (refrig/calor)	Consumo anual (KWH)
	NºEquipos	Pot. Termica (kW)	Pot. Consumo (kW)	Pot. Termica (kW)	Pot. Consumo (kW)		
Oficinas							
Recepcion	1	3,6	1,09	4,1	1,04	1440	3067,2
Administración	1	5,0	1,66	6,0	1,75	1440	4910,4
S. Juntas	1	3,6	1,09	4,1	1,04	90	191,7
Despacho	1	3,6	1,09	4,1	1,04	720	1533,6
Almacén							
Almacén	2	9,4*2	3,12*2	11,2*2	3,48*2	1440	19008
						Total consumo	28710,9

**Tabla 53. Consumo energético de sistema climatización zona oficinas y almacén, elaboración propia.**

## 10.5 Resumen consumo energético.

A continuación, en la siguiente tabla se indican los consumos de cada una de las naves, siendo la de más consumo la nave 3 seguida de la nave 1, con un consumo similar, y por último la nave de menor consumo, la tipología 2 de cubierta tipo pórticos de alma llena.

TIPO CONSUMO	CONSUMO ANUAL KWH		
	NAVE 1	NAVE 2	NAVE 3
Iluminación	53.436,17	43.147,64	46.122,05
Aparatos eléctricos	10.952,10	10.952,10	10.952,10
Ventilación	44.884,49	44.884,49	44.884,49
Climatización	111.991,18	107.575,25	119.910,14
<b>TOTAL</b>	<b>221.263,94</b>	<b>206.559,48</b>	<b>221.868,78</b>

**Tabla 54. Resumen Consumo energético total para cada nave, elaboración propia.**

## 11. COSTES

Para la realización del análisis de costes se ha utilizado, como referencia, los datos de la empresa Teditronic SL, usando la base de datos SABI, dado que se puede asimilar por el uso, situación, superficie, número de empleados, etc.

Otra información, como precio solar, trámites administrativos, mobiliario, equipamiento, etc se han estimado tras la consulta con profesionales de diferentes sectores.

### 11.1 Inversión inicial.

Por un lado está como inversión inicial, que es común a las tres tipologías, la compra del solar, el mobiliario y equipamiento, así como proyectos y trámites administrativos necesarios para la apertura del establecimiento. Por otro lado está la construcción íntegra de cada una de las naves, que tal y como se ha podido comprobar en presupuesto y como consecuencia de tener tres tipologías estructuralmente distintas, tiene un coste diferente para cada una de ellas.

Según presupuesto de cada una de las naves, el coste total de construcción de cada una de ellas es de:

Presupuesto	NAVE 1	NAVE 2	NAVE 3
VACIADO	64.792,00	64.792,00	64.792,00
CIMENTACIÓN	51.136,47	58.927,63	41.676,09
SOLERA	90.396,00	90.396,00	90.396,00
ESTRUCTURA	200.545,95	220.750,58	272.482,84
CERRAMIENTOS	433.678,55	385.617,05	499.949,84
ACABADOS	123.278,44	123.278,44	123.278,44
INSTALACIONES	231.893,00	200.206,00	241.453,00
<b>TOTAL(€)</b>	<b>1.195.720,41</b>	<b>1.143.967,70</b>	<b>1.334.028,21</b>

Con esto y teniendo en cuenta el resto de conceptos de inversión inicial comentados, se obtiene un total de inversión inicial para cada tipología de:

Inversión Inicial	NAVE 1	NAVE 2	NAVE 3
Compra solar	250.000,00 €	250.000,00 €	250.000,00 €
Construcción nave	1.195.720,41 €	1.143.967,70 €	1.334.028,21 €
Mobiliario y equipamiento	128.000,00 €	128.000,00 €	128.000,00 €
Proyectos y trámites administrativos	60.000,00 €	60.000,00 €	60.000,00 €
<b>Total</b>	<b>1.633.720,41 €</b>	<b>1.581.967,70 €</b>	<b>1.772.028,21 €</b>

*Tabla 55. Costes de inversión inicial para cada nave, elaboración propia.*

## 11.2 Cuadro previsional de explotación

Por un lado se va a tener unos ingresos de explotación y por otro unos costes en los que se incluyen, tanto los propios del funcionamiento del establecimiento, como los financieros derivados de inversiones ajenas.

Para el primer año de funcionamiento se va a considerar los ingresos y costes siguientes.

### 11.2.1 Ingresos.

Según la base de datos de SABI, tal y como se muestra en el siguiente gráfico, se puede ver la evolución de los ingresos de la empresa tomada como referencia, Teditronic SL, entre los años 2012 hasta 2015, último año en el que se han publicado datos relativos a esta empresa.

Cuentas No Consolidadas	31/12/2015	31/12/2014	31/12/2013	31/12/2012
	EUR	EUR	EUR	EUR
	12 meses	12 meses	12 meses	12 meses
	NO CUMPLIMENTADO PYME PGC 2007	NO CUMPLIMENTADO PYME PGC 2007	NO CUMPLIMENTADO PYME PGC 2007	NO CUMPLIMENTADO PYME PGC 2007
Ingresos de explotación	1.799.876	1.693.650	1.505.729	1.430.188
Result. ordinarios antes Impuestos	82.080	148.833	1.287	-8.305
Resultado del Ejercicio	62.894	111.880	1.287	-8.305
Total Activo	3.903.067	3.910.028	3.719.553	3.720.333
Fondos propios	3.848.784	3.785.890	3.674.010	3.672.723
Rentabilidad económica (%)	2,10	3,81	0,03	-0,22
Rentabilidad financiera (%)	2,13	3,93	0,04	-0,23
Liquidez general	56,83	24,83	63,25	60,73
Endeudamiento (%)	1,39	3,17	1,22	1,28
Número empleados	13	16	18	18

*Tabla 56. Perfil financiero y empleados de la empresa Teditronic SL, según datos de SABI.*

Esta empresa ha tenido valores más altos en años anteriores, pero sin crisis y sin competidores tan fuertes como Mediamark, que se comenzó su actividad en esta ciudad en el año 2006. Además se instaló en la zona del polígono Cabezo Beaza en el año 2014.

Se va a considerar como partida de ingresos para el establecimiento de estudio, el último valor publicado en la empresa Teditronic SL, de 1.800.000€ y se considerará una subida en torno al 5% anual para los años consecutivos.

### 11.2.2 Costes de explotación.

En este caso se diferenciará los costes propios de funcionamiento de la actividad considerada de los derivados por financiación ajena.

Dentro de costes de funcionamiento, se va a tener:

- Personal: En este caso se han estimado un total de 15 personas empleadas trabajando a turnos de 40 horas semanales, cuyo coste total anual inicial será de **370.000,00€**.
- Productos para venta: **900.000,00€**, se supone una media de beneficio en productos en torno al 50%.
- Coste energético para cada una de las naves:

CONSUMO ANUAL KWH			
	NAVE 1	NAVE 2	NAVE 3
TOTAL	221.263,94	206.559,48	221.868,78

*Tabla 57. Consumo energético total anual primer año de cada una de las naves, elaboración propia.*

Siendo la potencia instalada total en cada una de ellas de:

POTENCIA INSTALADA KW			
TIPO CONSUMO	NAVE 1	NAVE 2	NAVE 3
Iluminación	27,76	27,76	27,76
Aparatos eléctricos	4,15	4,15	4,15
Ventilación	20,58	20,58	20,58
Climatización	90,80	85,00	96,40
TOTAL	143,28	137,48	148,88

*Tabla 58. Potencia instalada total en cada una de las naves, elaboración propia.*

Cada empresa distribuidora de electricidad ofrece un plan según necesidades y características de la instalación en cuanto a potencia instalada y energía consumida.

A continuación se indican los costes del término de potencia contratada, así como el de energía consumida, de la compañía distribuidora Endesa, para potencias contratadas entre 100 y 250 kW, con los que se van a estimar los costes derivados del consumo energético.



Preferente: > 100 ≤ 250 kW	Punta	Llano	Valle
Término de potencia	41,950752 €/kW y mes	25,170444 €/kW y mes	16,780296 €/kW y mes
Término de energía	0,16205 €/kWh	0,129164 €/kWh	0,090295 €/kWh
Término de energía con descuento del 34%	0,106953 €/kWh	0,08524824 €/kWh	0,0595947 €/kWh

**Tabla 59. Costes de potencia y energía de Endesa para contratos de potencia entre 100 a 250 kW.**

En este tipo de contratos existen tres franjas horarias en la que ambos términos tienen un distinto coste.

Invierno	0-8	8-11	11-15	15-18	18-22	22-00
Verano	0-8	8-11	11-15	15-18	18-22	22-00
Península y Canarias						
Baleares						

■ Período Valle
 ■ Período Llano
 ■ Período Punta

**Tabla 60. Tipo de periodo según franjas horarias a considerar en el contrato con Endesa.**

Por lo que durante el horario de apertura del local se va a tener un precio distinto en el consumo según el tramo en el que se está y según sea verano o invierno.

Entre las 10:00 h y 22:00, habrá, tanto en verano como en invierno, 8 horas de funcionamiento en periodo llano y 4 horas en período punta.

	Periodo	Termino Potencia €/kW	Termino energía €/kWh
8 h	Llano	25,170444	0,08524524
4 h	Punta	41,950752	0,10695300

**Tabla 61. Horas al día de periodos llano y punta.**

Considerando estos precios por potencia y energía, tendremos un coste derivado de la energía consumida para cada una de las tres naves de:

	NAVE 1	NAVE 2	NAVE 3
Coste Energético	73.243,81 €	69.747,69 €	75.362,81 €

**Tabla 62. Coste de consumo energético total de cada una de las naves.**

- **Mantenimiento:** Se estima que el coste de mantenimiento de cada una de las naves va a suponer, el primer año, un 1% de la parte del presupuesto que puede ser objeto de reparaciones e inspecciones, como son los cerramientos de cubierta, claraboyas o lucernarios, acabados y por supuesto las instalaciones.

	NAVE 1	NAVE 2	NAVE 3
Cubiertas	167.914,48 €	119.852,98 €	132.421,21 €
Claraboyas/Lucernarios	22.165,44 €	22.165,44 €	123.930,00 €
Acabados	123.278,44 €	123.278,44 €	123.278,44 €
Instalaciones	231.893,00 €	200.206,00 €	241.453,00 €
<b>Mantenimiento (1%)</b>	<b>5.452,51 €</b>	<b>4.655,03 €</b>	<b>6.210,83 €</b>

**Tabla 63. Coste de mantenimiento total de cada una de las naves.**

- **Impuestos Administración:** Cada año hay que pagar a organismos públicos impuestos tipo IBI, IAE. Para el primer año se consideran **3.000,00€**.
- **Amortización inmovilizado:** Se considera un periodo de 10 años de amortización del coste de la construcción de la nave, el mobiliario y equipamiento. Por lo que para cada nave se obtiene un coste de:

	NAVE 1	NAVE 2	NAVE 3
Construcción	1.195.720,41 €	1.143.967,70 €	1.334.028,21 €
Mobiliario y equipamiento	128.000,00 €	128.000,00 €	128.000,00 €
<b>Amortización Inmovilizado</b>	<b>132.372,04 €</b>	<b>127.196,77 €</b>	<b>146.202,82 €</b>

**Tabla 64. Amortización de inmovilizado para cada una de las naves.**

La inversión inicial realizada para cada una de las naves se va financiar con fondos propios y con inversión ajena a través de préstamo bancario. El porcentaje de cada uno de ellos será el 50% de la inversión inicial. La financiación por cuenta llevará aparejados un coste, tal y como se detalla a continuación.

El importe del préstamo, en cada caso, va a ser, del 50% de la inversión inicial realizada. El plazo de amortización se fija en 10 años y con un tipo de interés fijo del 2,5% anual.

	NAVE 1	NAVE 2	NAVE 3
<b>Importe préstamo</b>	<b>816.860,21 €</b>	<b>790.983,85 €</b>	<b>886.014,11 €</b>

**Tabla 65. Importe del préstamo para cada una de las naves.**

A continuación se muestran los cuadros de amortización de los préstamos de cada una de las naves, según condiciones indicadas, en el que se reflejan la amortización del capital, que será del mismo importe para cada año y los intereses del préstamo.

Cuadro amortización Préstamo NAVE 1

Periodos de pago	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Amortización Capital</b>	81.686,02 €	81.686,02 €	81.686,02 €	81.686,02 €	81.686,02 €	81.686,02 €	81.686,02 €	81.686,02 €	81.686,02 €	81.686,02 €
<b>Pago intereses</b>	20.421,51 €	18.379,35 €	16.337,20 €	14.295,05 €	12.252,90 €	10.210,75 €	8.168,60 €	6.126,45 €	4.084,30 €	2.042,15 €
<b>Cuota</b>	102.107,53 €	100.065,38 €	98.023,22 €	95.981,07 €	93.938,92 €	91.896,77 €	89.854,62 €	87.812,47 €	85.770,32 €	83.728,17 €

Cuadro amortización Préstamo NAVE 2

Periodos de pago	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Amortización Capital</b>	79.098,39 €	79.098,39 €	79.098,39 €	79.098,39 €	79.098,39 €	79.098,39 €	79.098,39 €	79.098,39 €	79.098,39 €	79.098,39 €
<b>Pago intereses</b>	19.774,60 €	17.797,14 €	15.819,68 €	13.842,22 €	11.864,76 €	9.887,30 €	7.909,84 €	5.932,38 €	3.954,92 €	1.977,46 €
<b>Cuota</b>	98.872,98 €	96.895,52 €	94.918,06 €	92.940,60 €	90.963,14 €	88.985,68 €	87.008,22 €	85.030,76 €	83.053,30 €	81.075,84 €

Cuadro amortización Préstamo NAVE 3

Periodos de pago	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Amortización Capital</b>	88.601,41 €	88.601,41 €	88.601,41 €	88.601,41 €	88.601,41 €	88.601,41 €	88.601,41 €	88.601,41 €	88.601,41 €	88.601,41 €
<b>Pago intereses</b>	22.150,35 €	19.935,32 €	17.720,28 €	15.505,25 €	13.290,21 €	11.075,18 €	8.860,14 €	6.645,11 €	4.430,07 €	2.215,04 €
<b>Cuota</b>	110.751,76 €	108.536,73 €	106.321,69 €	104.106,66 €	101.891,62 €	99.676,59 €	97.461,55 €	95.246,52 €	93.031,48 €	90.816,45 €

Por último, se muestra a continuación, según los datos indicados anteriormente, los cuadros previsionales de explotación de cada una de las naves.

En la tabla se incluye una progresión temporal de 10 años. Se ha hecho así para facilitar la comprensión al incluir el periodo de amortización de la financiación ajena.

Los costes de funcionamiento están formados por: gastos de personal, coste de los productos para venta, coste de energía, mantenimiento e impuestos administrativos varios. Estos difieren ligeramente de una nave a otra debido a las variaciones en el mantenimiento, al ser éste dependiente del coste de la construcción, y del coste de la energía.

Los datos, tanto de financiación ajena, como de amortización de inmovilizado, se han extrapolado de sus respectivos cuadros elaborados anteriormente para cada una de las naves.

Se ha incluido una casilla con los flujos de caja para cada una de las anualidades. Como inputs tenemos los ingresos por ventas. Los outputs serán los costes de funcionamiento, los de financiación ajena y el pago del impuesto de sociedades. Se observa que los flujos de caja, desde el primer año de explotación y durante todo el periodo considerado, son positivos. Y respecto a la recuperación de la inversión inicial, es decir, cuando el sumatorio de los flujos de caja iguale el desembolso inicial realizado, nos encontramos que la parte financiada sólo con recursos propios se recupera en el tercer año, y la totalidad de la inversión realizada, incluyendo financiación ajena, en el quinto año. También se puede observar que la nave dos es en la que mayores flujos de caja y beneficio arroja cada año.

## Cuadro previsional explotación de Nave 1

Años	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Inversión</b>	<b>1.633.720</b>										
Financiación propia	816.860										
Financiación ajena	816.860										
<b>Ingresos</b>		1.800.000,00	1.890.000,00	1.984.500,00	2.083.725,00	2.187.911,25	2.297.306,81	2.412.172,15	2.532.780,76	2.659.419,80	2.792.390,79
<b>Costes</b>											
Funcionamiento		1.351.696,32	1.378.730,25	1.406.304,86	1.434.430,95	1.463.119,57	1.492.381,96	1.522.229,60	1.552.674,19	1.583.727,68	1.615.402,23
Financiación ajena		102.107,53	100.065,38	98.023,22	95.981,07	93.938,92	91.896,77	89.854,62	87.812,47	85.770,32	83.728,17
Amortización inmovilizado		132.372,04	132.372,04	132.372,04	132.372,04	132.372,04	132.372,04	132.372,04	132.372,04	132.372,04	132.372,04
<b>Beneficio bruto</b>		213.824,11	278.832,33	347.799,88	420.940,93	498.480,71	580.656,04	667.715,89	759.922,05	857.549,76	960.888,34
<b>Impuesto Sociedades (25%)</b>		53.456,03	69.708,08	86.949,97	105.235,23	124.620,18	145.164,01	166.928,97	189.980,51	214.387,44	68.846,08
<b>Beneficio neto</b>		160.368,08	209.124,25	260.849,91	315.705,70	373.860,54	435.492,03	500.786,92	569.941,54	643.162,32	892.042,26
<b>Cash Flow</b>	-816.860,21	292.740,12	341.496,29	393.221,95	448.077,74	506.232,58	567.864,07	633.158,96	702.313,58	775.534,36	1.024.414,31

## Cuadro previsional explotación de Nave 2

Años	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Inversión</b>	<b>1.581.968</b>										
Financiación propia	790.984										
Financiación ajena	790.984										
<b>Ingresos</b>		1.800.000,00	1.890.000,00	1.984.500,00	2.083.725,00	2.187.911,25	2.297.306,81	2.412.172,15	2.532.780,76	2.659.419,80	2.792.390,79
<b>Costes</b>											
Funcionamiento		1.347.402,72	1.374.350,77	1.401.837,79	1.429.874,54	1.458.472,03	1.487.641,47	1.517.394,30	1.547.742,19	1.578.697,03	1.610.270,97
Financiación ajena		98.872,98	96.895,52	94.918,06	92.940,60	90.963,14	88.985,68	87.008,22	85.030,76	83.053,30	81.075,84
Amortización inmovilizado		127.196,77	127.196,77	127.196,77	127.196,77	127.196,77	127.196,77	127.196,77	127.196,77	127.196,77	127.196,77
<b>Beneficio bruto</b>		226.527,53	291.556,94	360.547,38	433.713,09	511.279,30	593.482,89	680.572,86	772.811,04	870.472,69	973.847,20
<b>Impuesto Sociedades (25%)</b>		56.631,88	72.889,23	90.136,85	108.428,27	127.819,83	148.370,72	170.143,21	193.202,76	217.618,17	68.846,08
<b>Beneficio neto</b>		169.895,65	218.667,70	270.410,54	325.284,81	383.459,48	445.112,16	510.429,64	579.608,28	652.854,52	905.001,12
<b>Cash Flow</b>	-790.983,85	297.092,42	345.864,47	397.607,31	452.481,58	510.656,25	572.308,93	637.626,41	706.805,05	780.051,29	1.032.197,89

## Cuadro previsual explotación de Nave 3

Años	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Inversión</b>	<b>1.772.028</b>										
Financiación propia	886.014										
Financiación ajena	886.014										
<b>Ingresos</b>		1.800.000,00	1.890.000,00	1.984.500,00	2.083.725,00	2.187.911,25	2.297.306,81	2.412.172,15	2.532.780,76	2.659.419,80	2.792.390,79
<b>Costes</b>											
Funcionamiento		1.354.573,64	1.381.665,11	1.409.298,42	1.437.484,38	1.466.234,07	1.495.558,75	1.525.469,93	1.555.979,33	1.587.098,91	1.618.840,89
Financiación ajena		110.751,76	108.536,73	106.321,69	104.106,66	101.891,62	99.676,59	97.461,55	95.246,52	93.031,48	90.816,45
Amortización inmovilizado		146.202,82	146.202,82	146.202,82	146.202,82	146.202,82	146.202,82	146.202,82	146.202,82	146.202,82	146.202,82
<b>Beneficio bruto</b>		188.471,77	253.595,34	322.677,07	395.931,14	473.582,73	555.868,65	643.037,85	735.352,10	833.086,58	936.530,63
<b>Impuesto Sociedades (25%)</b>		47.117,94	63.398,83	80.669,27	98.982,78	118.395,68	138.967,16	160.759,46	183.838,02	208.271,65	68.846,08
<b>Beneficio neto</b>		141.353,83	190.196,50	242.007,80	296.948,35	355.187,05	416.901,49	482.278,39	551.514,07	624.814,94	867.684,55
<b>Cash Flow</b>	-886.014,11	287.556,65	336.399,32	388.210,62	443.151,17	501.389,87	563.104,31	628.481,21	697.716,89	771.017,76	1.013.887,37

## 12. CONCLUSIONES.

En este proyecto final de carrera se han estudiado tres tipologías distintas de diseño en cuanto a cómo se ha resuelto la estructura y la forma de la cubierta de un edificio para uso comercial: Nave 1 de cubierta plana con cerchas en dos direcciones, nave 2 de pórticos de alma llena y nave 3 con cubierta en dientes de sierra, realizándose su diseño cumpliendo la normativa vigente relativa a la estructura, iluminación y eficiencia energética en edificación. En los tres casos la superficie y distribución interior es la misma, con un total de 2.776.12 m<sup>2</sup> construidos.

El objetivo era comprobar, una vez obtenidos los resultados, si existe alguna influencia de la elección del diseño respecto a su coste de construcción y, lo que es más importante, cómo afecta este a su eficiencia energética, y por ende, al coste de mantenimiento (principalmente consumo energético para iluminación y climatización) a lo largo de su vida útil.

Para ello, se ha considerado *ceteris paribus* al resto de variables, como situación geográfica, superficie, distribución en planta, materiales de construcción (a excepción del material de las cubiertas y las claraboyas/lucernarios que difiere de una a otra), equipamiento y mobiliario, ingresos de explotación, etc. en los tres tipos de naves.

Se ha calculado el coste de ejecución material de cada una de las naves, así como las instalaciones de mayor envergadura, como son la iluminación y la climatización, estimando el resto de instalaciones y que resultan comunes a las tres tipologías.

De todo lo anterior se han obtenido los siguientes resultados:

La instalación de iluminación artificial es la misma en cada una de las tres tipologías, pero queda demostrado que en la nave de pórticos de alma llena (nave 2) se aprovecha mejor la iluminación natural. La inclinación de la cubierta, mayor que la de la nave 1 que es prácticamente plana, y sus orientaciones al este y al oeste, con las que se obtiene mayor luz directa que en la nave 3 de dientes de sierra, parecen ser los condicionantes que hacen posible este mejor aprovechamiento, con lo que se consigue un menor consumo de energía por la instalación lumínica.

En cuanto a evitar los problemas que causa la iluminación directa, que ha sido siempre en esta zona una de las causas principales de orientar las naves de dientes de sierra al norte, además de evitar elevadas cargas térmicas con otra orientación, la solución está en usar materiales con la transparencia adecuada y con el uso de la iluminación artificial. A pesar de que según los cálculos obtenidos en la nave 2, y en la nave 3, hay horas en los que con sólo luz natural es suficiente, existe siempre el apoyo de la luz artificial y sin excesivos costes de consumo, todo ello gracias al tipo de luminaria elegida, capaz de regularse individualmente según la captación de luz natural, de este modo el problema de la luz directa y la poca uniformidad que pueda provocar en el interior de la nave queda corregido.

En el caso de la climatización, la nave 2 también es la que arroja consumos más favorables y menor coste de los equipos. En este caso hay poca diferencia, aproximadamente un 2%, con la nave de cubierta plana, según se indica en las hojas de cálculo de cargas, esta diferencia a favor de la tipología de pórticos de alma llena, se basa en la menor transmitancia de la cubierta tipo sándwich elegida para la nave 2 con respecto a la de la cubierta tipo deck de la nave 1 y menor potencia de iluminación necesaria. En cambio con la nave dientes de sierra, la diferencia sí que es más significativa, en torno a un 11%, incluso siendo la orientación norte para los lucernarios la que resulta más favorable a tener menores necesidades térmicas, en



caso de haber elegido otra orientación, aun consiguiendo una carga de iluminación igual al de la nave 2 o incluso algo inferior, la diferencia de carga térmica obtenida aumentaría, pudiendo ser entre un 15% (orientación sur) y un 70% (orientación oeste) mayor respecto a la nave 2.

	Nave 1: Cubierta plana	Nave 2: Pórticos de alma llena	Nave 3: Dientes de sierra
Coste Construcción (sin instalaciones)	963.827,41 €	943.761,70 €	1.092.575,21 €
Coste Instalación Lumínica	71.780,00 €	71.780,00 €	71.780,00 €
Coste Instalación Climatización	115.413,00 €	84.726,00 €	123.973,00 €
Coste Resto Instalaciones	44.700,00 €	43.700,00 €	45.700,00 €
Coste anual consumo energético Iluminación	15.165,63 €	14.214,88 €	14.489,75 €
Coste anual consumo energético Climatización	43.808,35 €	41.263,00 €	46.603,70 €
Beneficio Neto a 10 años	892.042,26 €	905.001,12 €	867.684,55 €

En las tres tipologías se ve que el coste de la instalación de climatización tiene un mayor peso que el de la iluminación, siendo el coste de climatización de la nave 2 bastante inferior al resto. El coste de la instalación lumínica, al haber considerado igual diseño para las tres naves, es idéntico. Para el resto de instalaciones el coste también es el mismo, excepto la instalación eléctrica, que sí puede estar afectada por la diferencia de potencias de consumo de los diferentes quipos de climatización instalados. Con todo esto, y a pesar de que la nave 2 necesita correas para sostener el cerramiento de cubierta lo que encarece la estructura, se ha comprobado que el coste de ejecución material de la nave 2 es inferior al de sus homólogas mencionadas.

En cuanto al coste por consumo energético también existe una gran diferencia entre los debido a la climatización y a la iluminación. El consumo anual de climatización en las tres naves es en torno a tres veces más que el debido a la iluminación. Por lo que es en la climatización donde se debe hacer más hincapié en diseñar un sistema eficiente y crear una envolvente que consiga obtener unas cargas térmicas negativas en verano y positivas en invierno.

En base a lo anterior podemos afirmar, como conclusión, que la tipología de pórticos de alma llena de la nave 2 es la más adecuada frente a los otros dos diseños estudiados de cubierta plana (nave 1) y de dientes de sierra (nave 3) por sus menores costes económicos, tanto de construcción, como de mantenimiento, y todo ello sin menoscabo de su funcionalidad operativa. Además, la menor incidencia de sus costes en el resultado de explotación permite que su beneficio neto en cada uno de los periodos sea el mayor de los tres casos.

A partir de los resultados del presente proyecto final de carrera, en trabajos futuros, se pueden realizar análisis de sensibilidad de parámetros como la transmitancia térmica de los cerramientos para ver cómo influye su variación en los gastos de consumos energéticos a largo plazo, ya que este parámetro puede tener mayor peso en dichos gastos que los derivados de la elección de la tipología estructural.

## 13. BIBLIOGRAFÍA.

- NEUFERT, E. Arte de proyectar en arquitectura. Gustavo Gili, S.A., Barcelona, 1995
- J. M. Momtalvá , Construcción y Arquitectura industrial. Colección de problemas resueltos SP-UPV. 2014
- J. M. Momtalvá, Proyecto estructural de edificio industrial: diseño y cálculo de estructura metálica. SP-UPV. 2012
- R. Arguelles Álvarez, Estructuras de acero. Ed. Bellisco. Madrid. 2005
- CTE. Código Técnico de la Edificación:
  - CTE- Documento Básico – SE –Seguridad Estructural
  - CTE- Documento Básico – SE-AE –Acciones en la edificación
  - CTE- Documento Básico – SE-C –Cimientos
  - CTE- Documento Básico – SE-A –Acero
  - CTE- Documento Básico – SE-F –Fábrica
  - CTE- Documento Básico – SI –Seguridad en caso de incendio
  - CTE- Documento Básico – SU–Seguridad de Utilización
  - CTE- Documento Básico – HS–Salubridad
  - CTE- Documento Básico – HE–Ahorro de Energía
- EHE. Estructuras de Hormigón
- NCSE-02.
- Eurocódigo 3: UNE-EN 1993-1-1
- Eurocódigo 8: UNE-EN 1998-1-1.
- Norma UNE EN 12464-1, relativa a la iluminación en lugares de trabajo para interiores.
- Norma UNE EN 15193 eficiencia energética de los edificios, requisitos energéticos para la iluminación.
- RITE. Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios.
- ATECYR (Asociación Técnica Española de Climatización y Refrigeración), Fundamentos de climatización para instaladores e ingenieros recién titulados, Ed. ATECYR. Madrid, 2010.
- IDEA (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía), Guía Técnica de condiciones climáticas exteriores para proyecto.
- Atlas de radiación solar de España AMET
- Base de precios PRESTO
- Norma DIN 1946, renovaciones de aire.
- Base de datos SABI

## **ANEJO 1.A: Cálculos SOFISTIK Nave 1, Cubierta plana.**

**1.A1. ESTRUCTURA**

**1.A2. GRUPOS PILARES Y ARRIOTRAMIENTOS**

**1.A.2.1 Número de grupos**

**1.A.2.2 Material de las barras**

**1.A.2.3 Secciones de las barras**

**1.A3. GRUPOS CERCHAS PARALELAS DIR. Y**

**1.A.3.1 Número de grupos**

**1.A.3.2 Material de las barras**

**1.A.3.3 Secciones de las barras**

**1.A4. GRUPOS CERCHAS PARALELAS DIR. X**

**1.A.4.1 Número de grupos**

**1.A.4.2 Material de las barras**

**1.A.4.3 Secciones de las barras**

**1.A5. GRUPOS VIGAS**

**1.A.5.1 Número de grupos**

**1.A.5.2 Material de las barras**

**1.A.5.3 Secciones de las barras**

**1.A6. CASOS DE CARGA**

**1.A7. ENVOLVENTE DE ESFUERZOS. SITUACIONES PESISTENTES Y  
TRANSITORIOAS (ELU)**

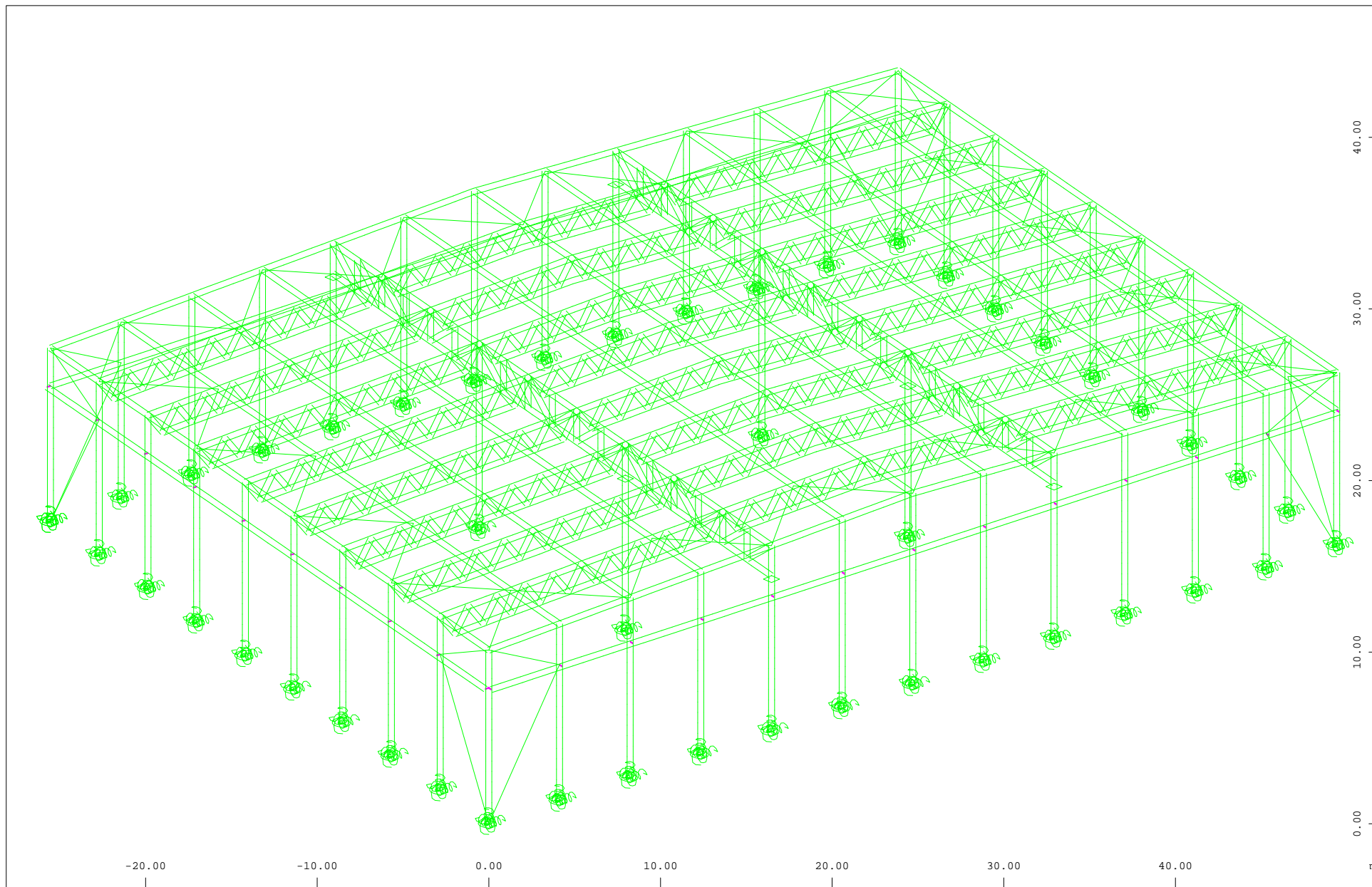
**1.A8. ENVOLVENTE DE ESFUERZOS SITUACIÓN SISMICA**

**1.A9. DESPLAZAMIENTOS DE LOS NUDOS. COMBINACIÓN CARACTERISTICA**

**1. A10. DESPLAZAMIENTOS DE LOS NUDOS EN SITUACIÓN SISMICA  
(ESPECTRO DE RESPUESTA ELASTICO)**

**1.A11. DISEÑO DE BARRAS. COEFICIENTE DE AGOTAMIENTO DE LAS  
BARRAS**

## **1.A1. ESTRUCTURA**



Y  
Z  
X

Structure

M 1 : 314

X \* 0.866

Y \* 0.689

Z \* 0.880

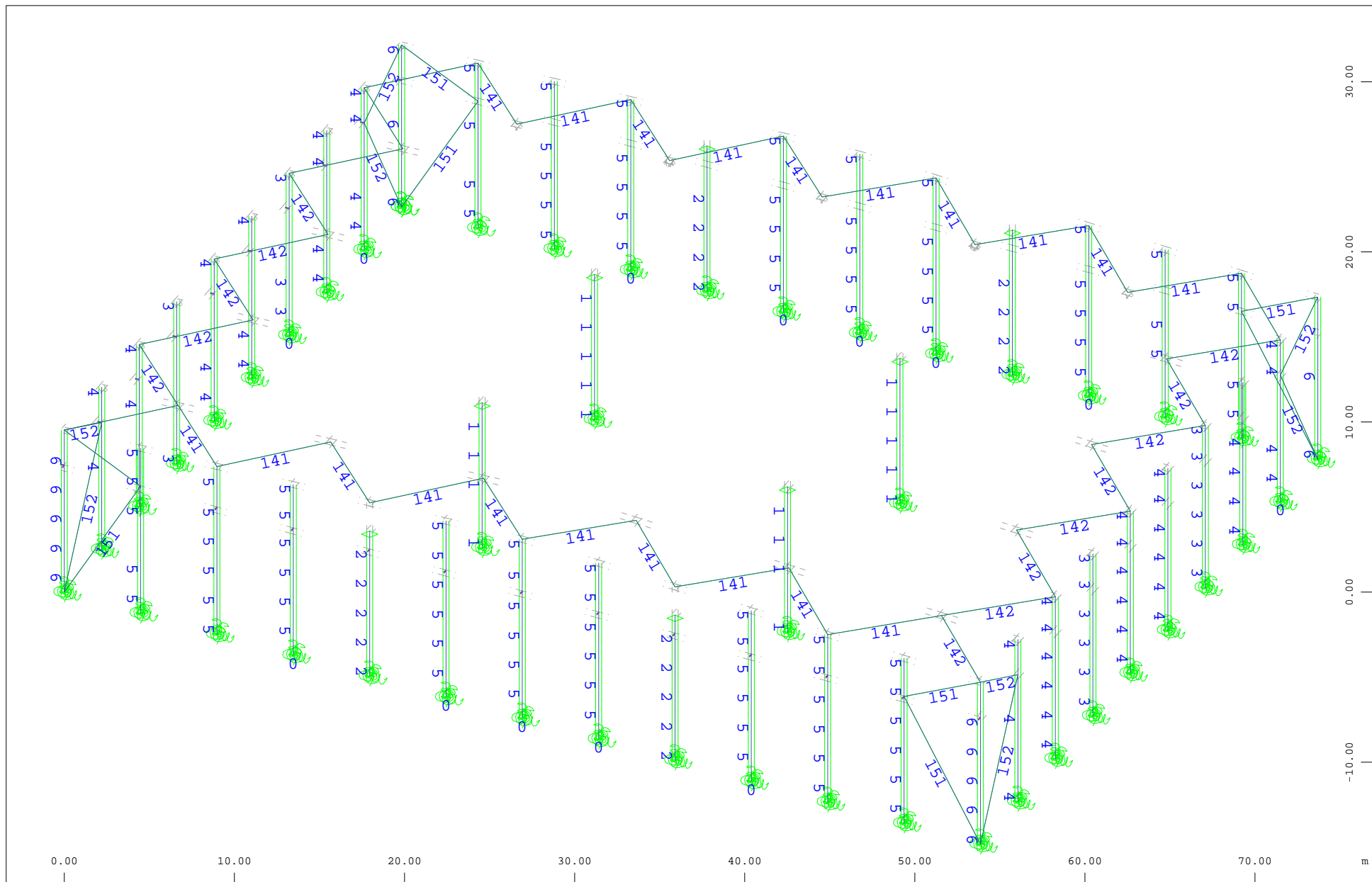
## **1.A2. GRUPOS PILARES Y ARRIOTRAMIENTOS**

**1.A.2.1 Número de grupos**

**1.A.2.2 Material de las barras**

**1.A.2.3 Secciones de las barras**





Z  
Y  
X

Sector of system Group 0...6 141 142 151 152

Number of group, Beam Elements(Max=6), Spring Elements(Max=0), Truss Elements(Max=152), Kinematic Constraints(Max=1)

M 1 : 315

X \* 0.931

Y \* 0.669

Z \* 0.828



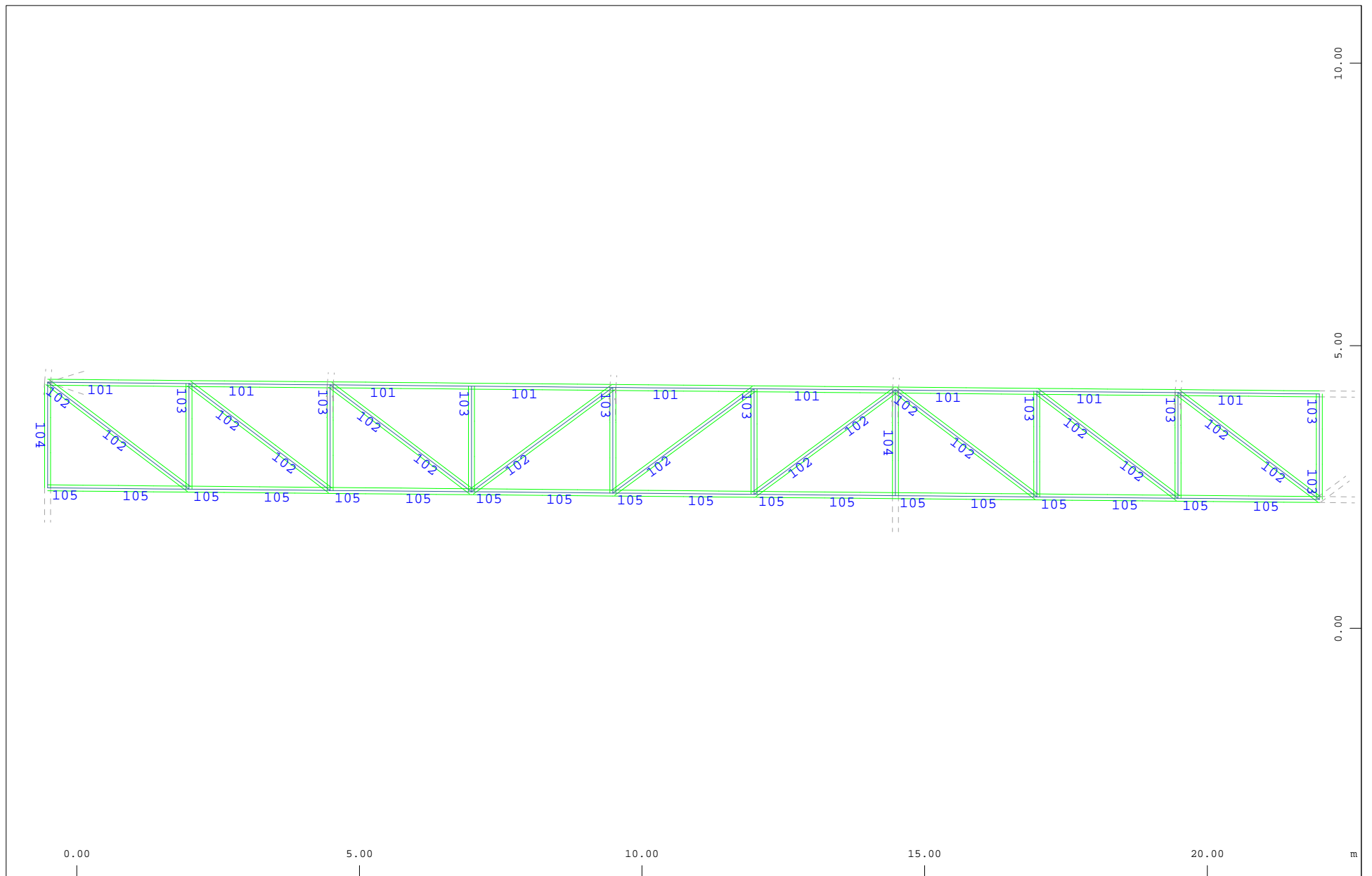


## **1.A3. GRUPOS CERCHAS PARALELAS DIR. Y**

**1.A.3.1 Número de grupos**

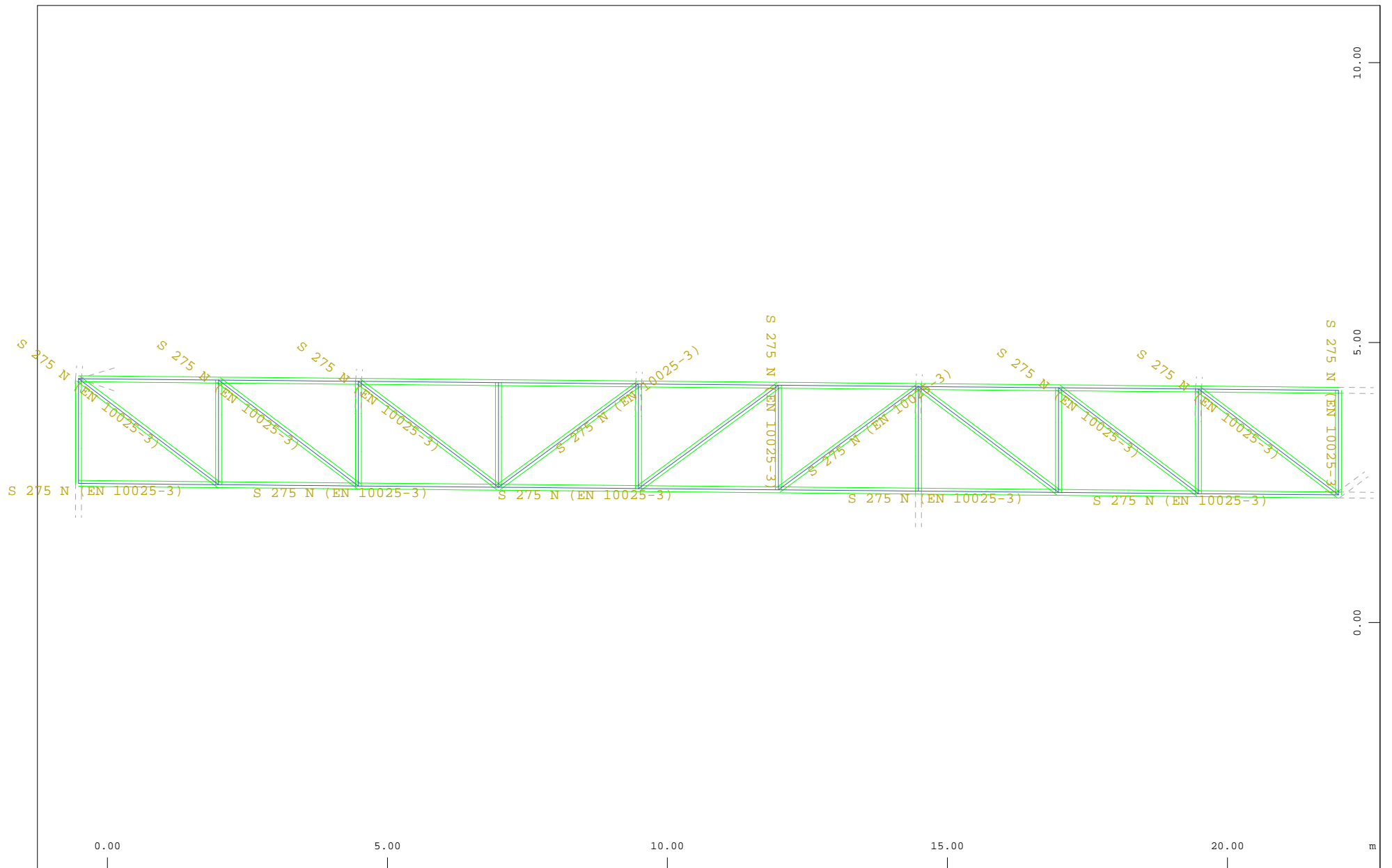
**1.A.3.2 Material de las barras**

**1.A.3.3 Secciones de las barras**



Z Sector of system Beam Elements Group 101...105  
 Y Number of group, Beam Elements (Max=105)  
 X

M 1 : 94  
 X \* 0.358  
 Y \* 1.000  
 Z \* 0.934



Z Sector of system Beam Elements Group 101...105  
 Y Material designations, Beam Elements  
 X

M 1 : 94  
 X \* 0.358  
 Y \* 1.000  
 Z \* 0.934



Z Sector of system Beam Elements Group 101...105  
X-Y Sectional Designations, Beam Elements

M 1 : 94  
X \* 0.358  
Y \* 1.000  
Z \* 0.934

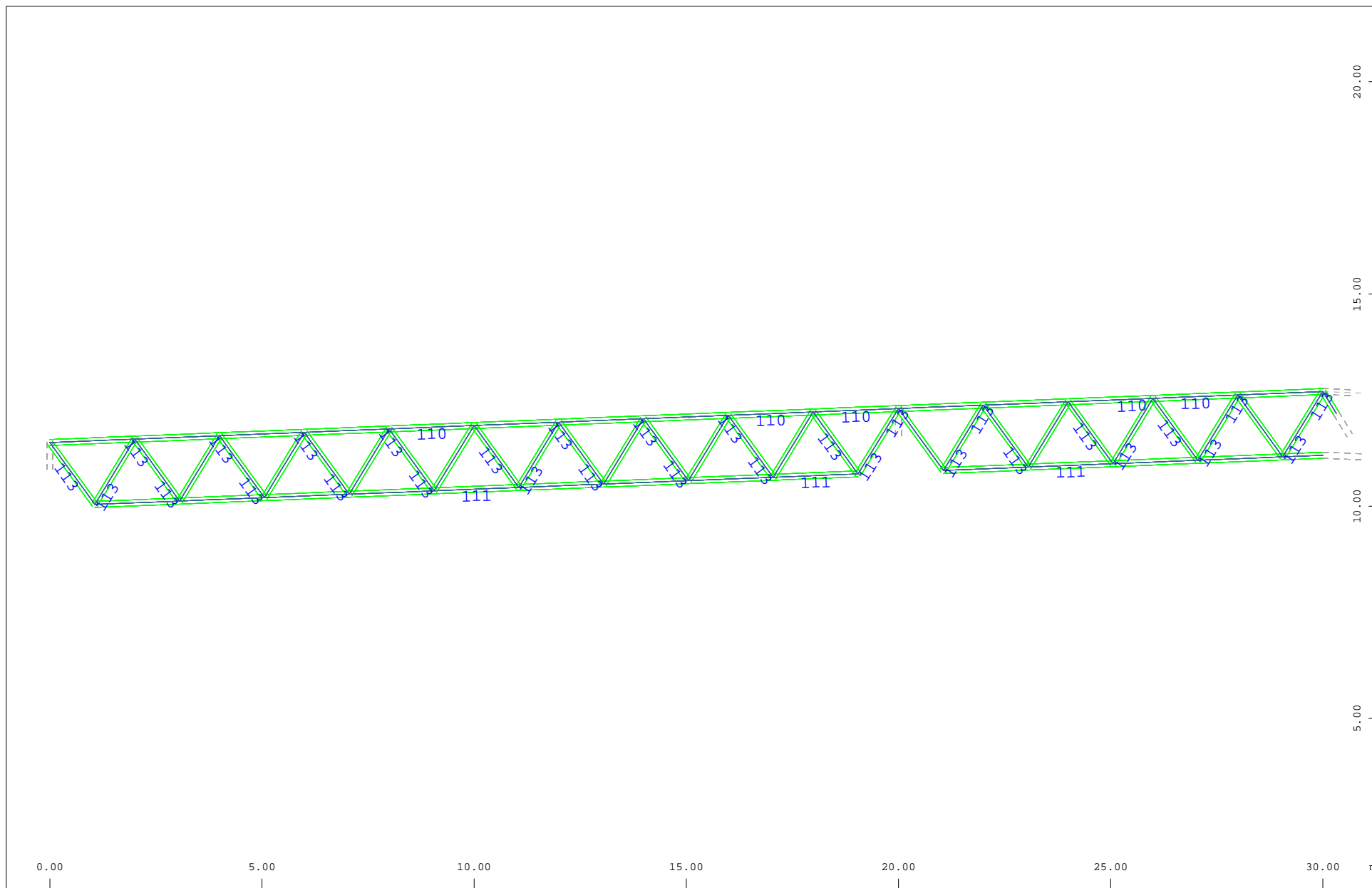
## **1.A4. GRUPOS CERCHAS PARALELAS DIR. X**

**1.A.4.1 Número de grupos**

**1.A.4.2 Material de las barras**

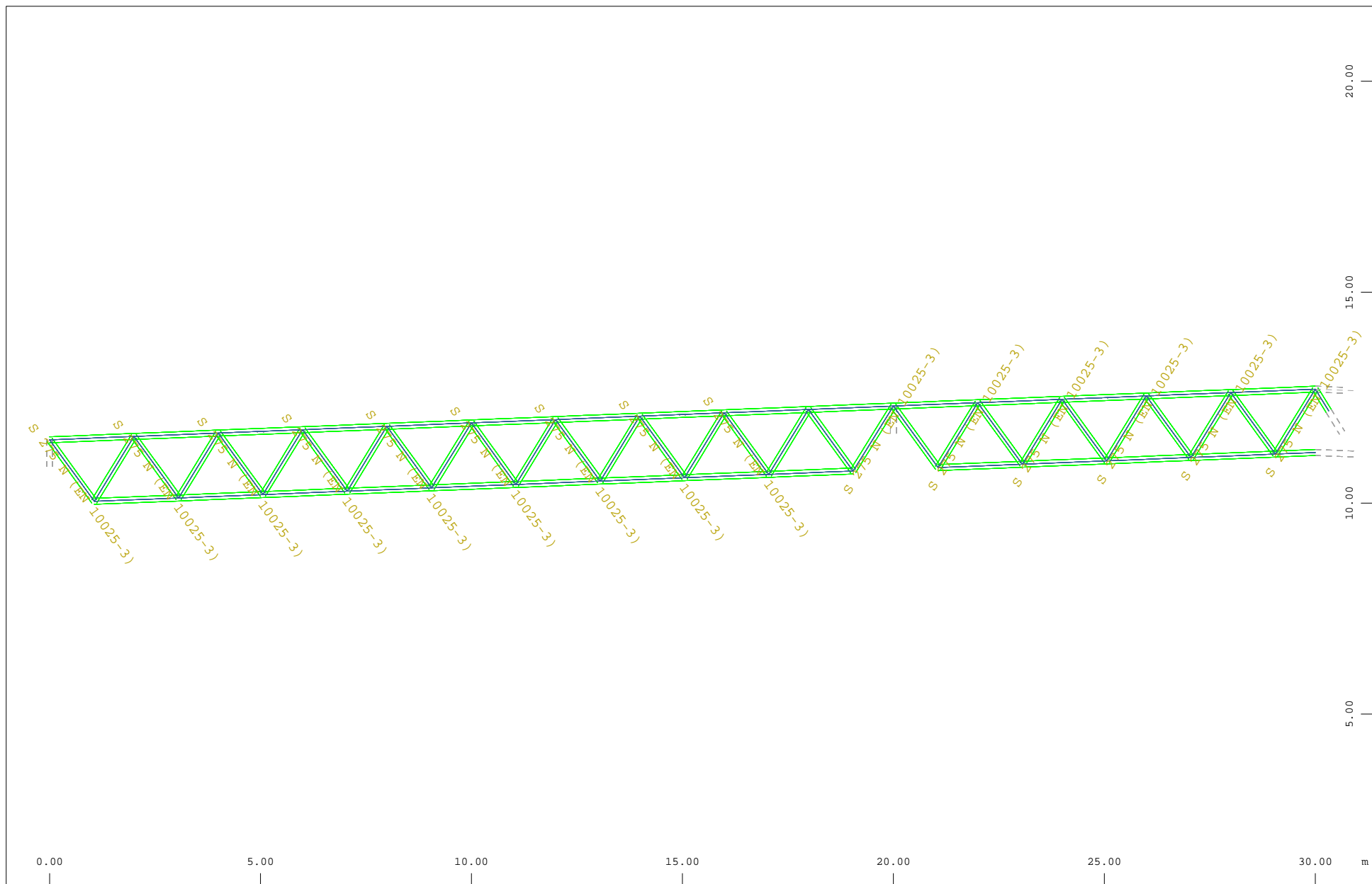
**1.A.4.3 Secciones de las barras**





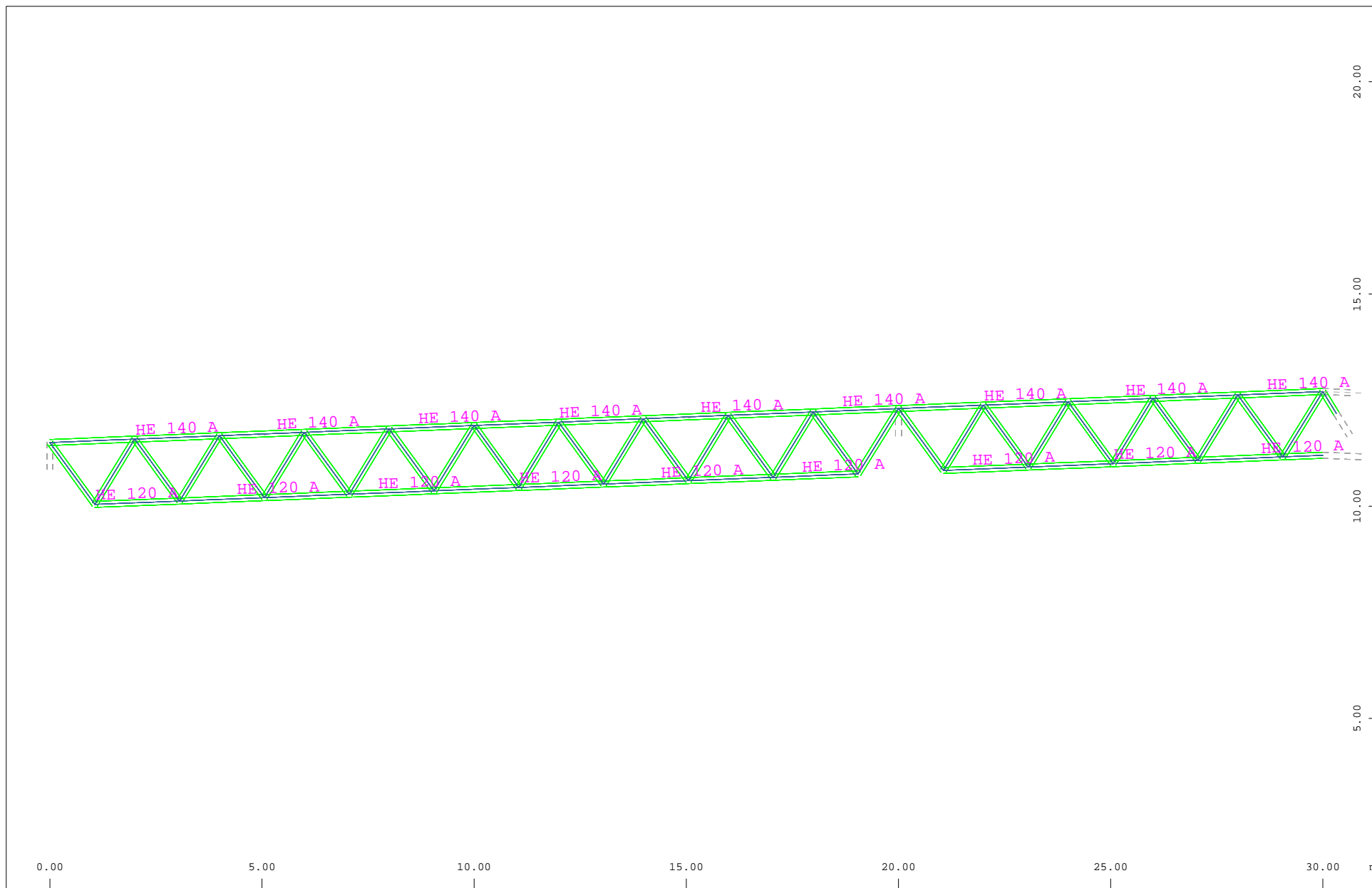
z Sector of system Beam Elements Group 110 111 113  
 y-x Number of group, Beam Elements (Max=113)

M 1 : 127



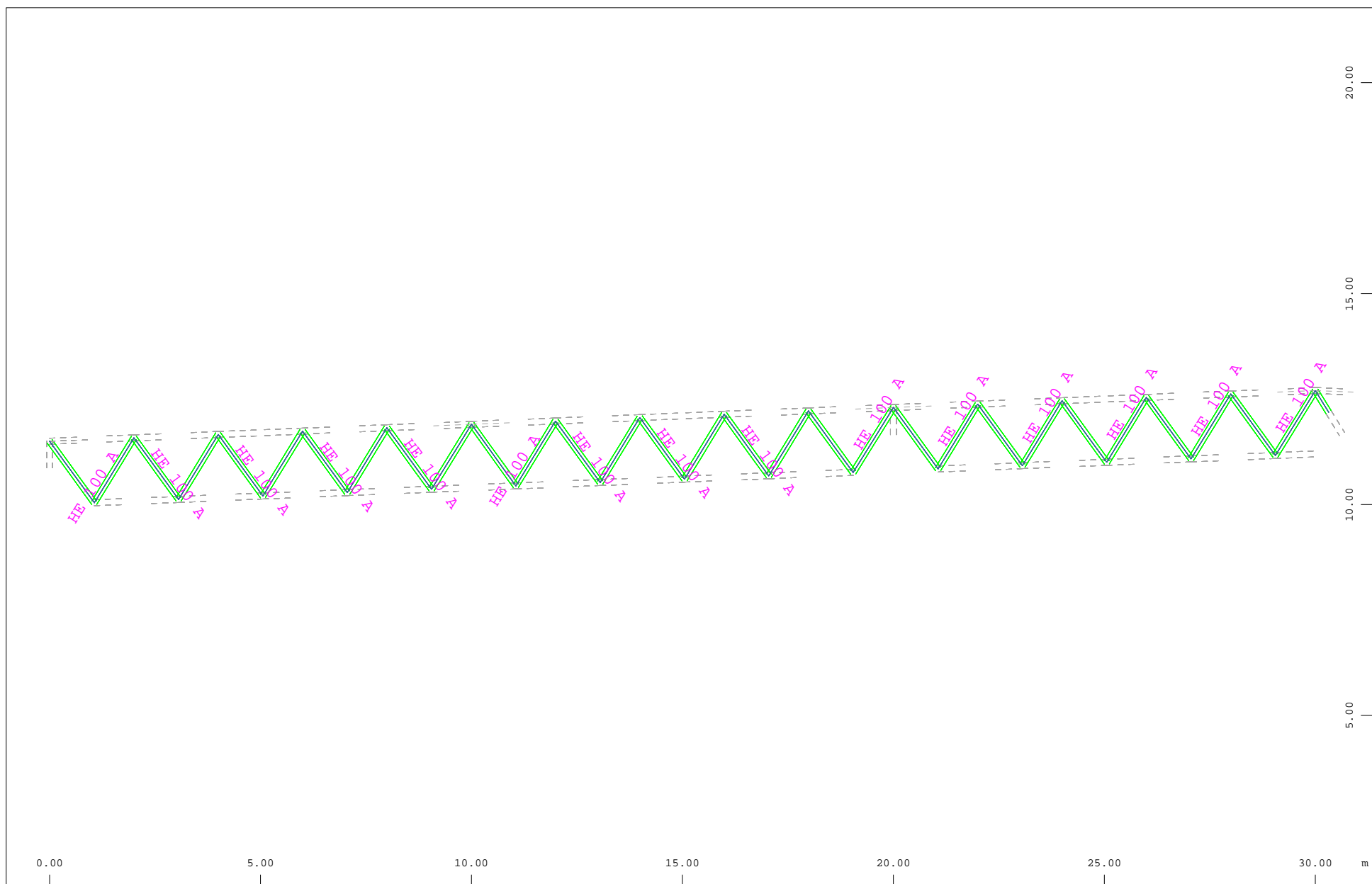
z Sector of system Beam Elements Group 110 111 113  
 y-x Material designations, Beam Elements

M 1 : 127



z Sector of system Beam Elements Group 110 111 113  
y-x Sectional Designations, Beam Elements

M 1 : 127



z      Sector of system Group 113  
└─x    Sectional Designations, Beam Elements

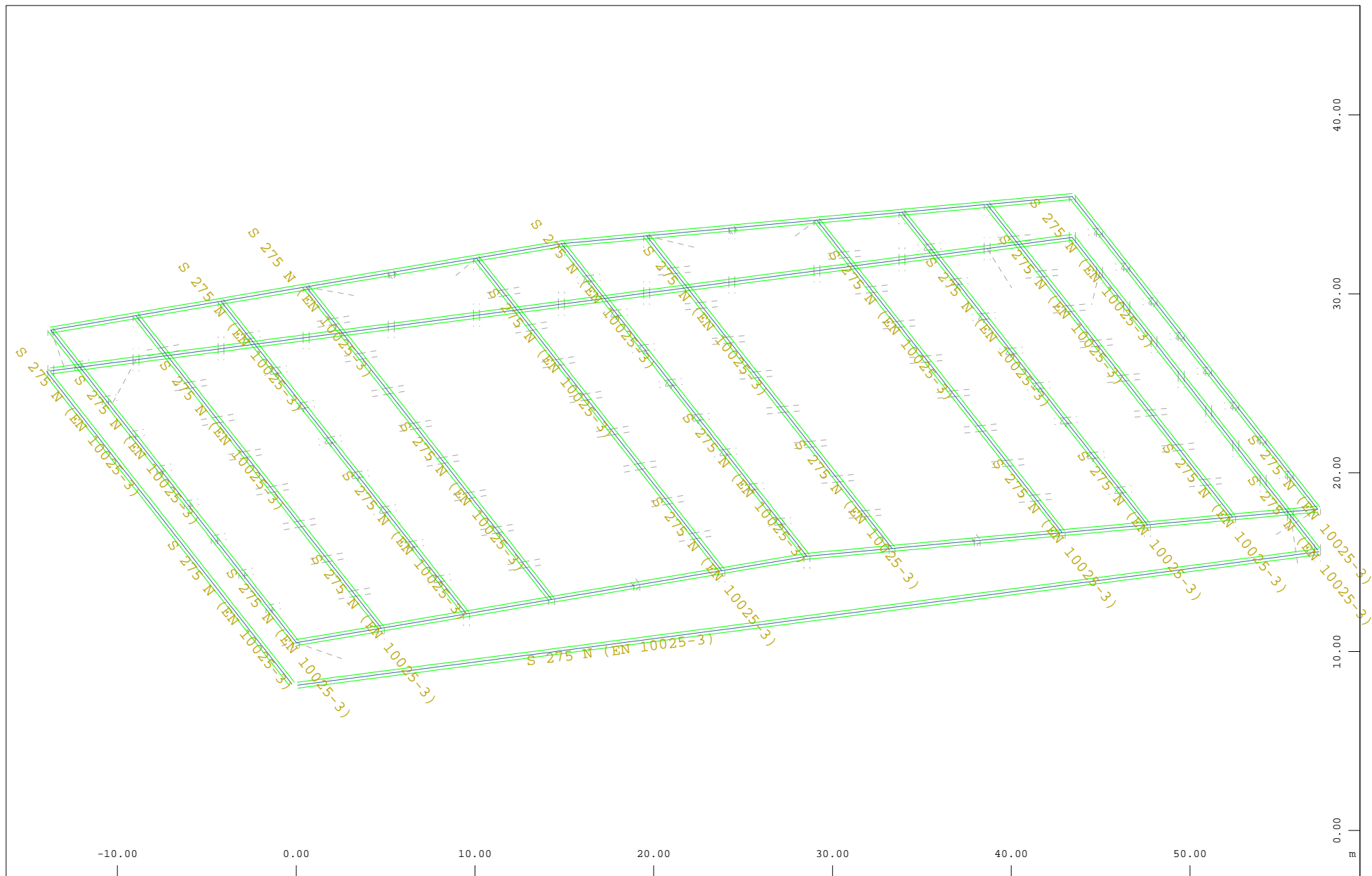
M 1 : 127

## **1.A5. GRUPOS VIGAS**

**1.A.5.1 Número de grupos**

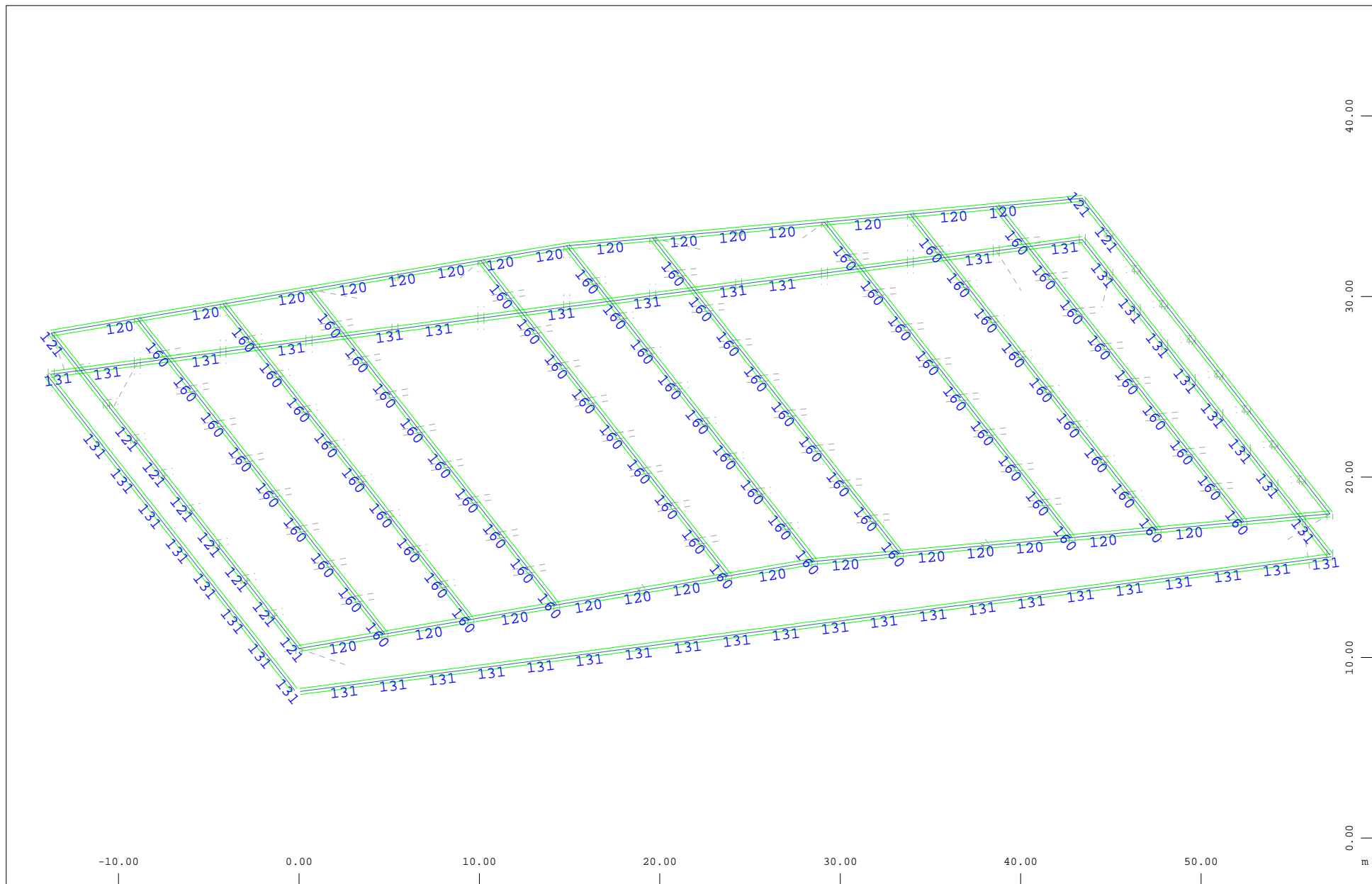
**1.A.5.2 Material de las barras**

**1.A.5.3 Secciones de las barras**



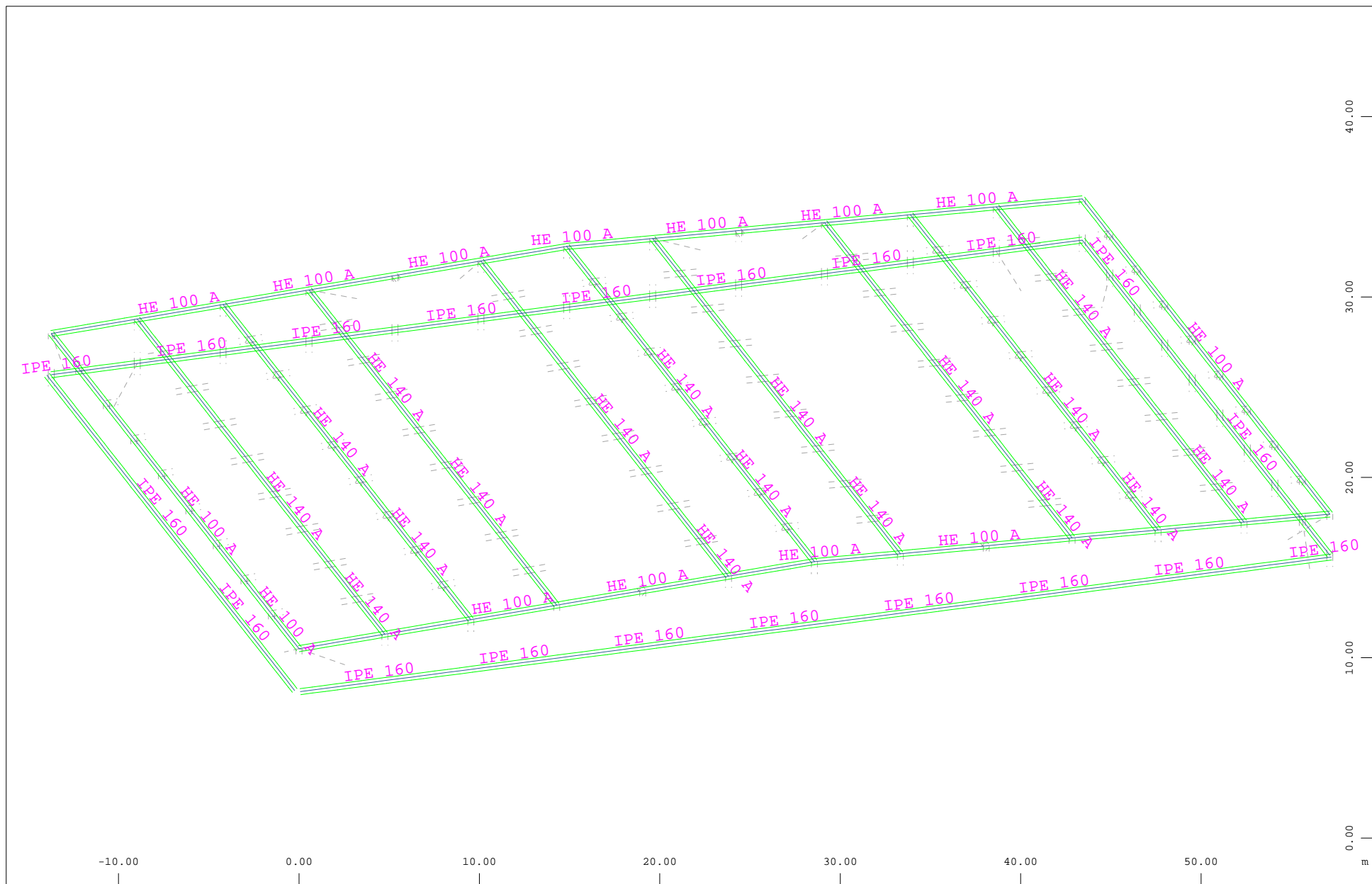
Sector of system Beam Elements Group 120 121 131 160  
Material designations, Beam Elements

M 1 : 297  
X \* 0.960  
Y \* 0.494  
Z \* 0.913



$\begin{matrix} Z \\ \swarrow \\ X \end{matrix}$ 
Sector of system Beam Elements Group 120 121 131 160  
Number of group, Beam Elements (Max=160)

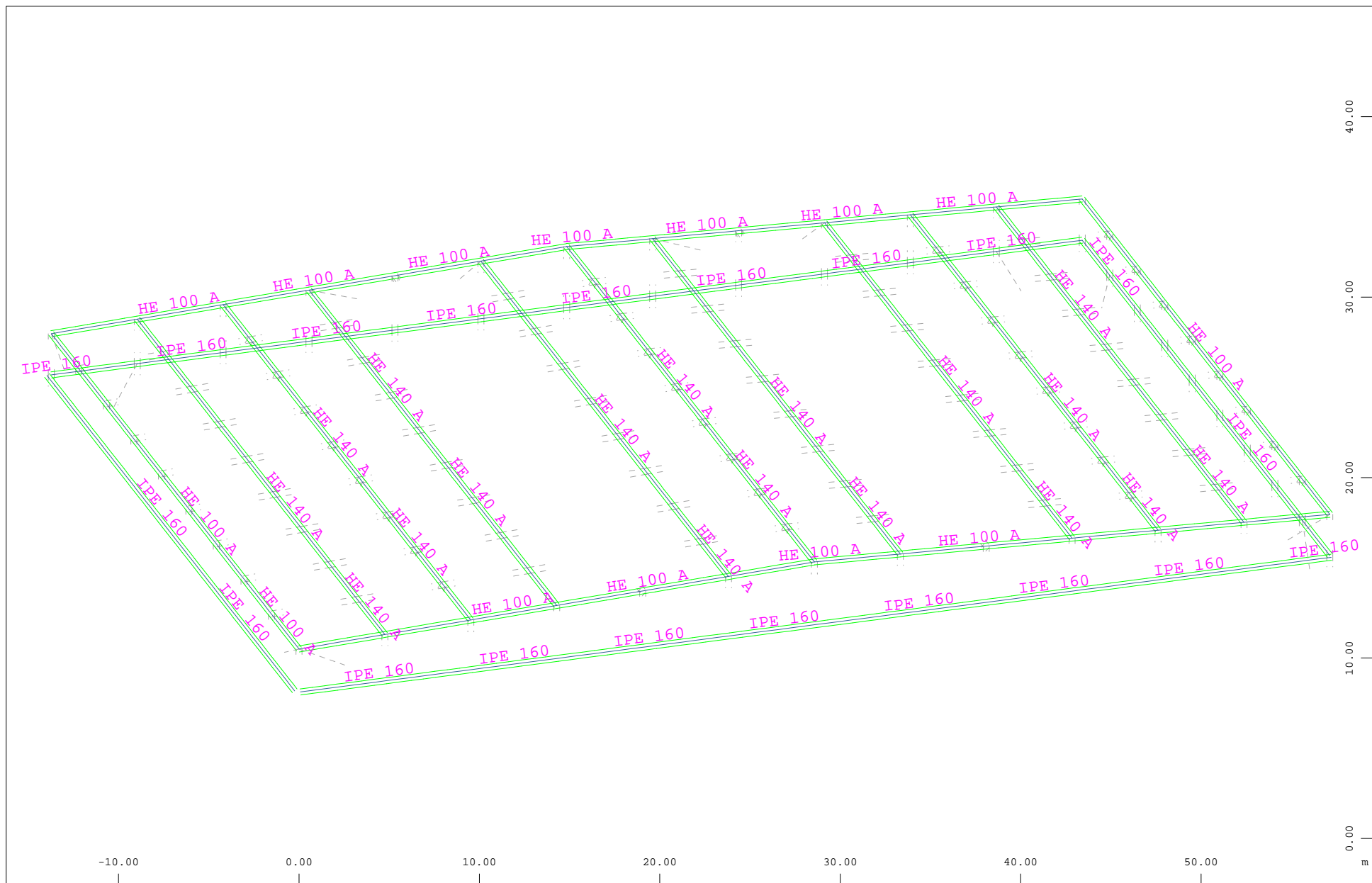
M 1 : 297  
X \* 0.960  
Y \* 0.494  
Z \* 0.913



z  
 y x Sector of system Beam Elements Group 120 121 131 160  
 Sectional Designations, Beam Elements

M 1 : 297  
 X \* 0.960  
 Y \* 0.494  
 Z \* 0.913

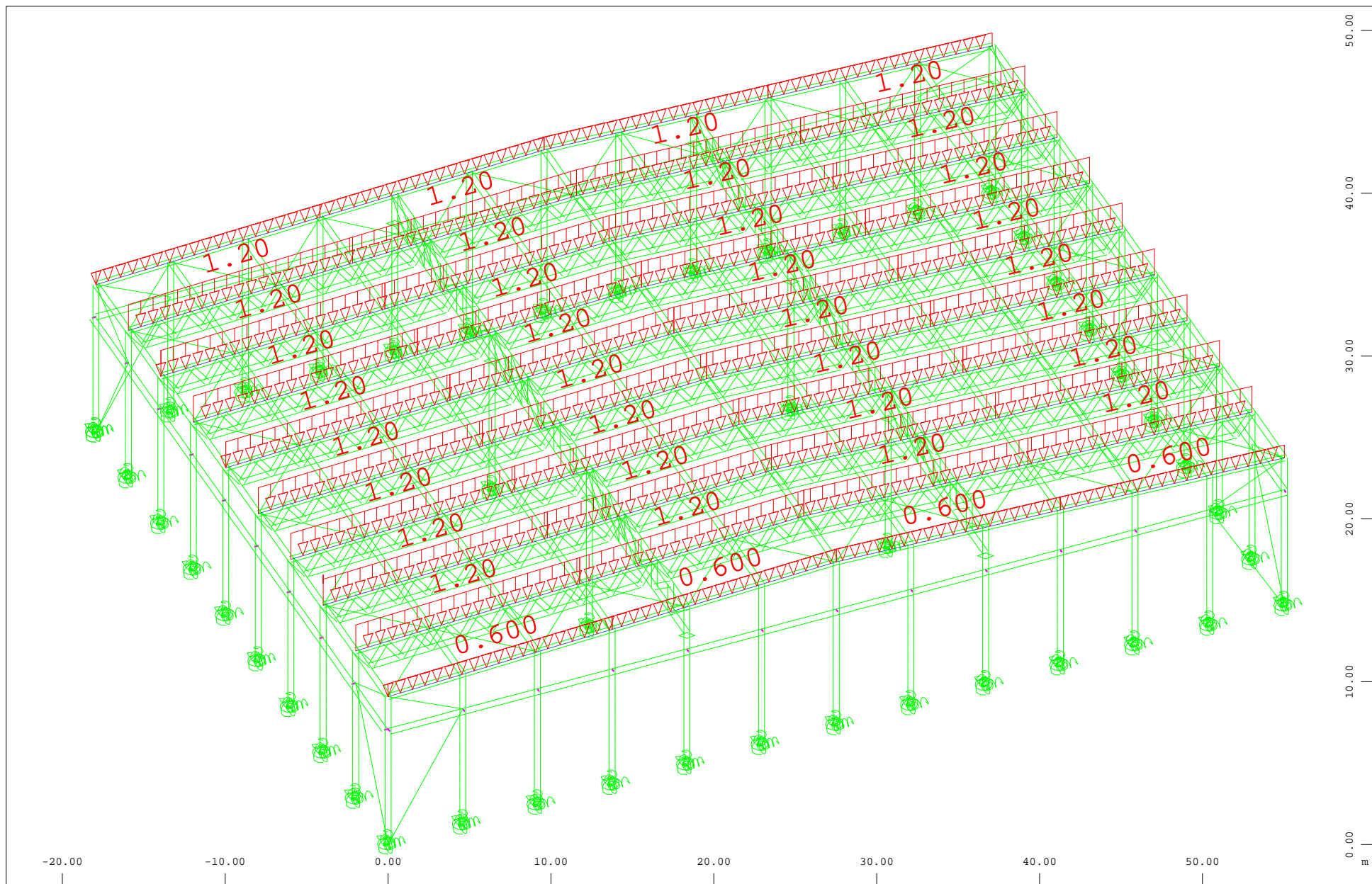




$\begin{matrix} Z \\ | \\ X \end{matrix}$ 
 Sector of system Beam Elements Group 120 121 131 160  
 Sectional Designations, Beam Elements


M 1 : 297  
 X \* 0.960  
 Y \* 0.494  
 Z \* 0.913

## **1.A6. CASOS DE CARGA**



$\begin{matrix} Z \\ \swarrow \\ Y \\ \searrow \\ X \end{matrix}$

All loads, Loadcase 2 Carga Muerta , (1 cm 3D = unit) Free line load (force) in global Z (Unit=1.96 kN/m

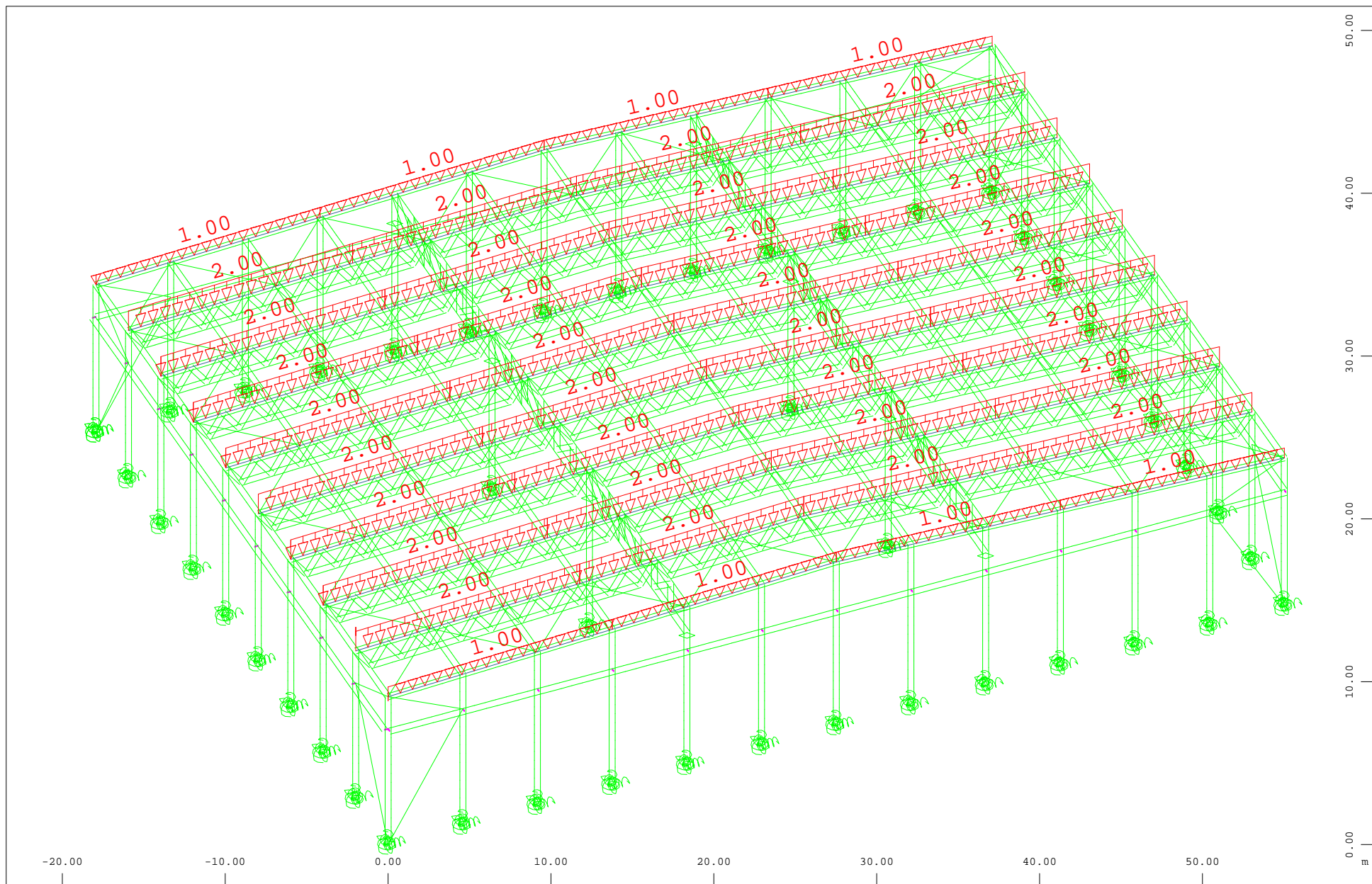
 (Min=-1.20) (Max=-0.600)

M 1 : 329

X \* 0.949


Y \* 0.689

Z \* 0.790



$\begin{matrix} y \\ \downarrow \\ z \\ \swarrow \searrow \\ x \end{matrix}$

All loads, Loadcase 4 SU Cubierta , (1 cm 3D = unit) Free line load (force) in global Z (Unit=4.33 kN/m

 (Min=-2.00) (Max=-1.00)

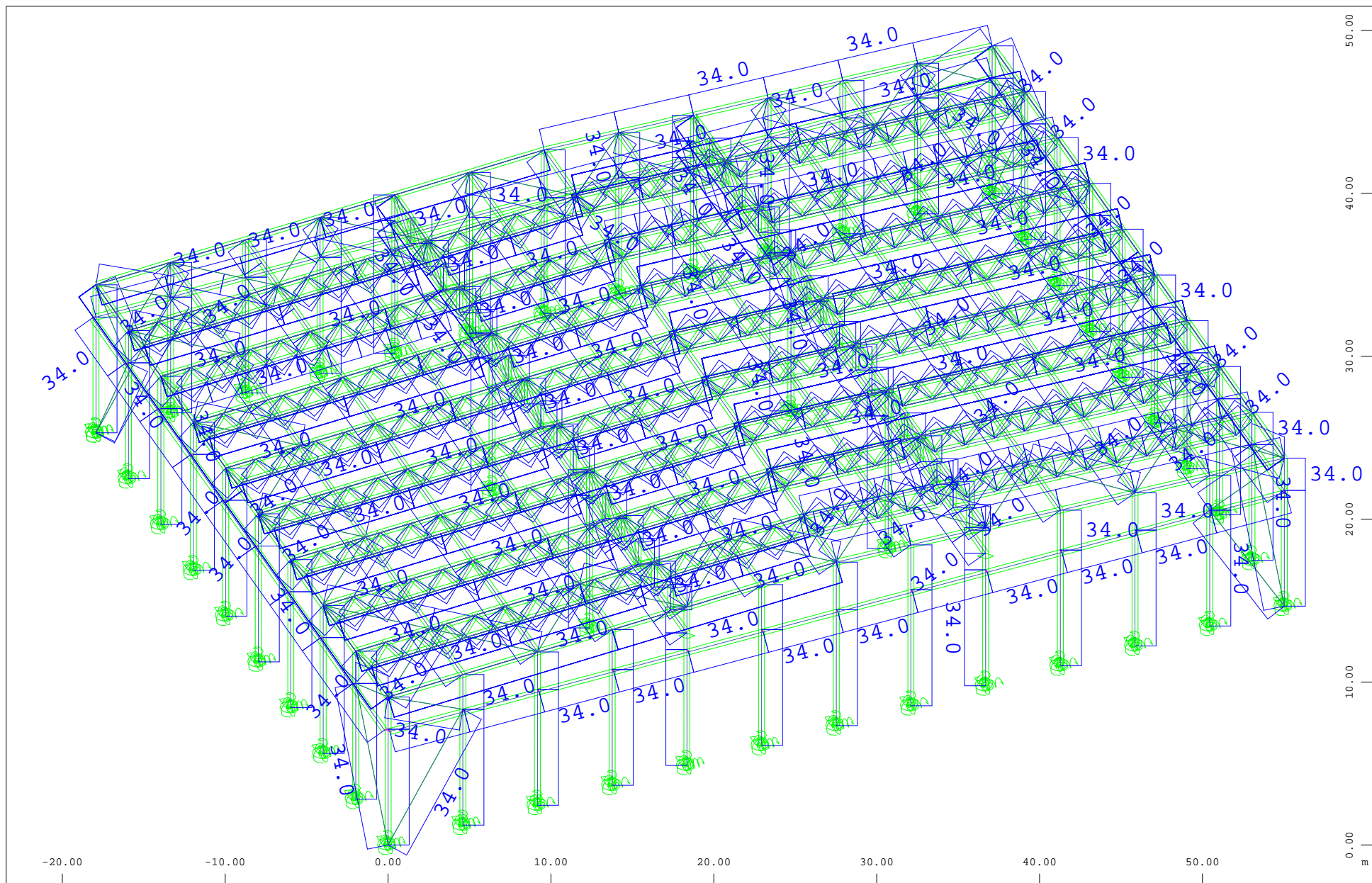
M 1 : 329

X \* 0.949

Y \* 0.689

Z \* 0.790





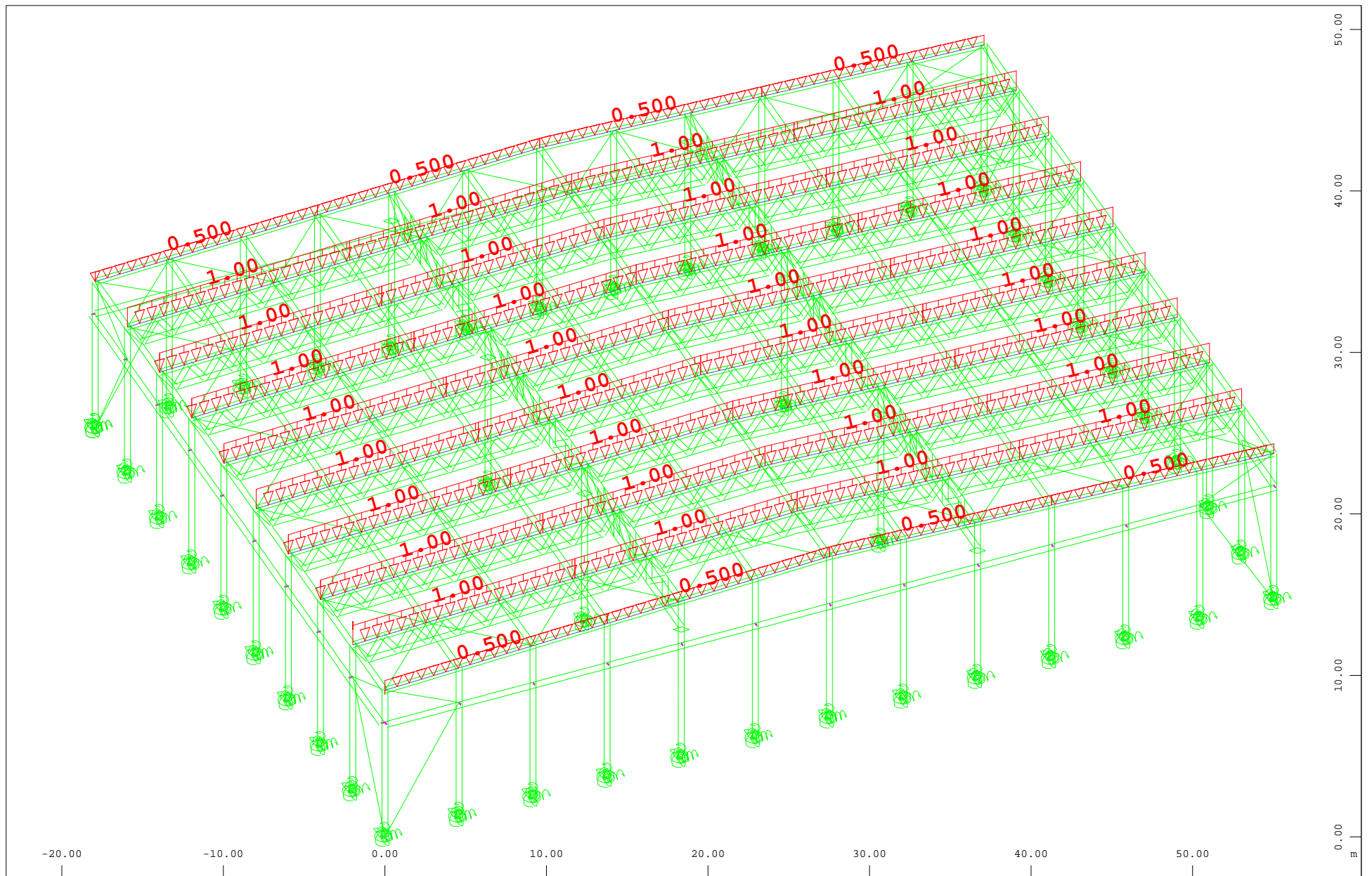
All loads, Loadcase 8 Temp + , (1 cm 3D = unit) Free line load (uniform temperature change) (Unit=86.6 °C) (Max=34.0)

M 1 : 329

X \* 0.949


Y \* 0.689

Z \* 0.790



$\begin{matrix} Y \\ Z \\ X \end{matrix}$

All loads, Loadcase 12 Nieve , (1 cm 3D = unit) Free line load (force) in global Z (Unit=2.16 kN/m

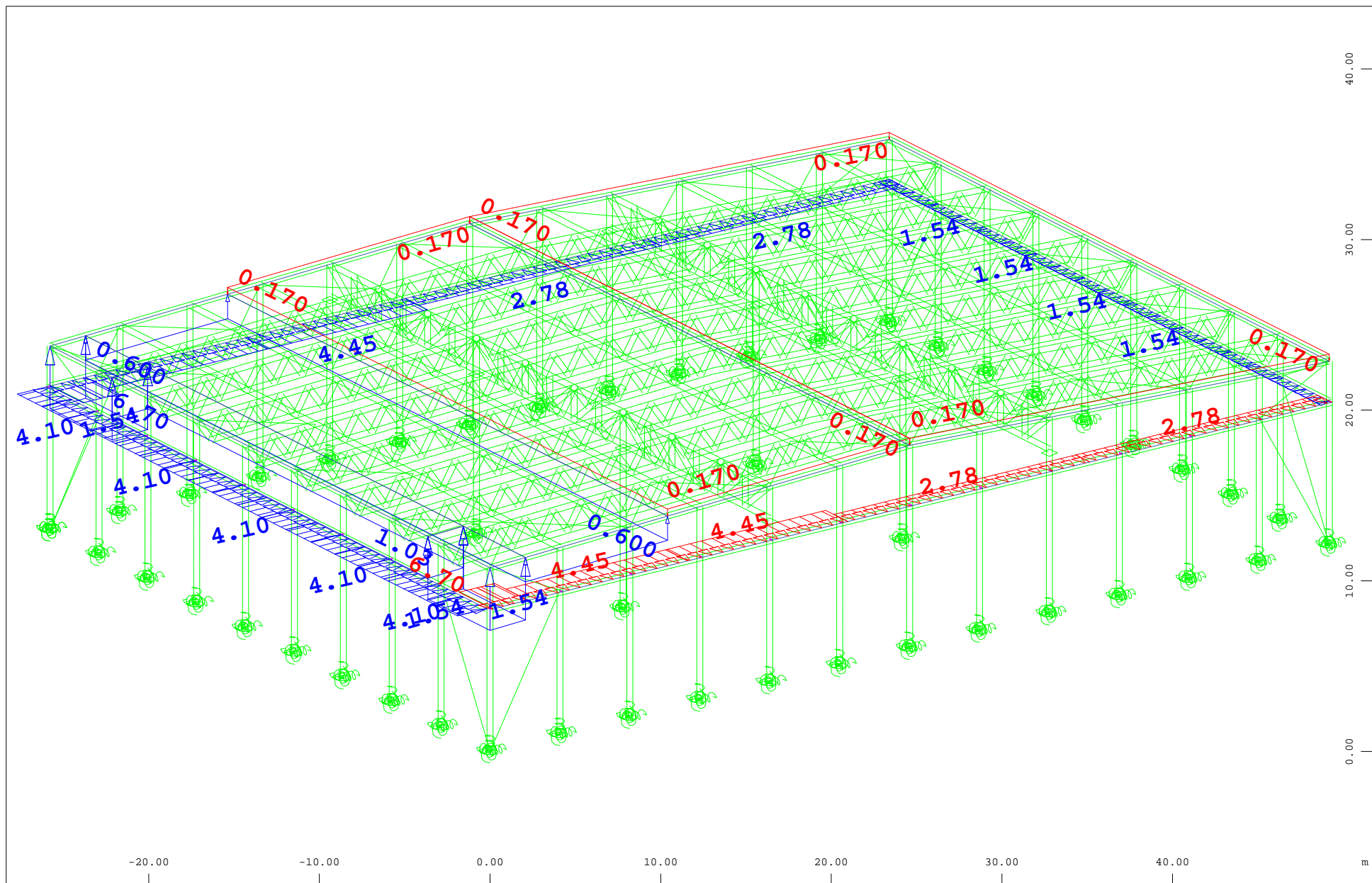
 (Min=-1.00) (Max=-0.500)




M 1 : 329

X \* 0.949

Y \* 0.689

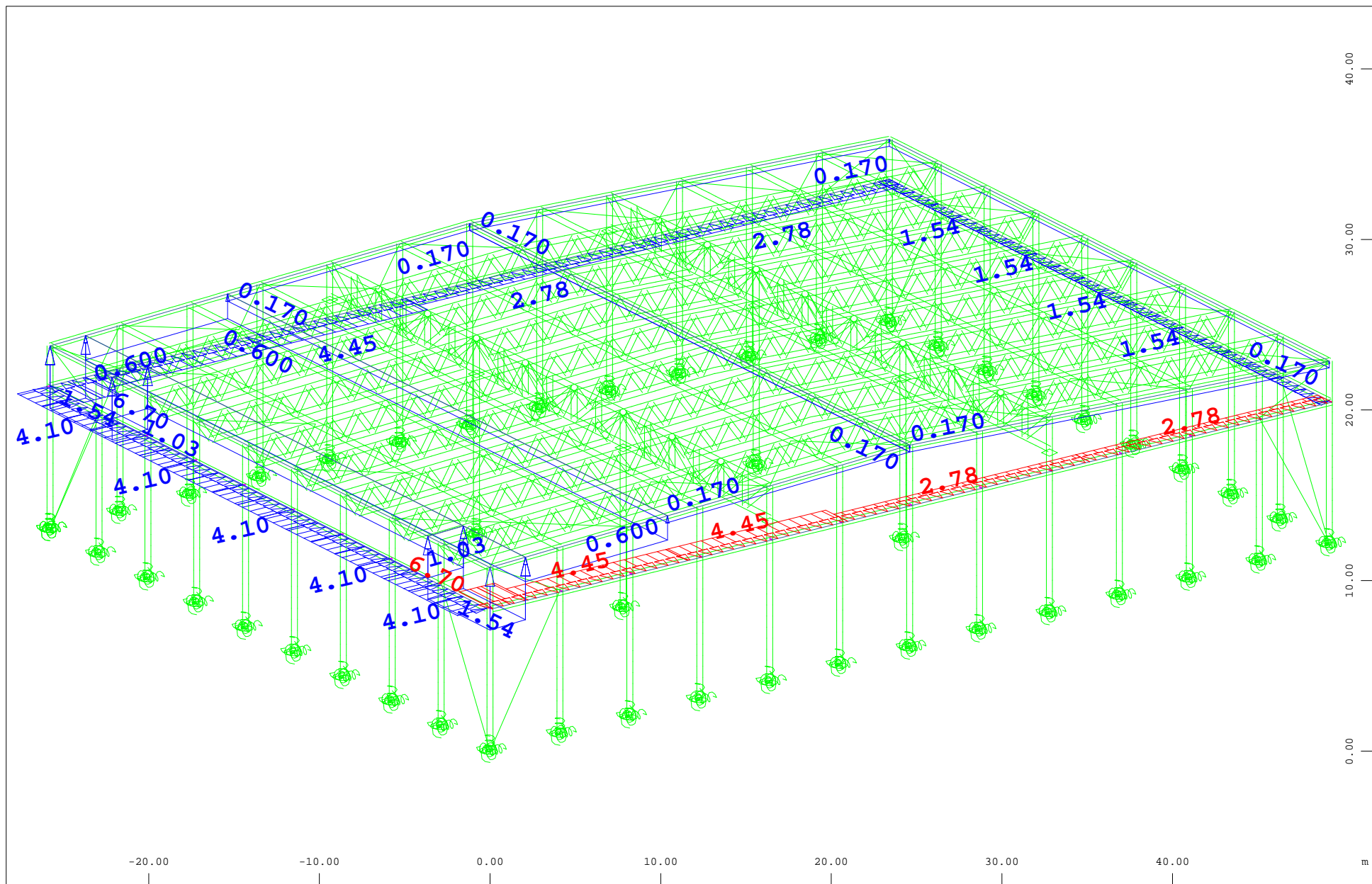
Z \* 0.790






All loads, Loadcase 50 Viento +X+ , (1 cm 3D = unit) Free line load (force) in global X (Unit=6.17 kN/m,Max=4.10 ) , Free line load  
 (force) in global Y (Unit=6.17 kN/m,Min=-6.70 Max=6.70 ) , Free area load (force) in global Z (Unit=1.23 kN/m²,Min=-0.170  
 Max=1.54 )

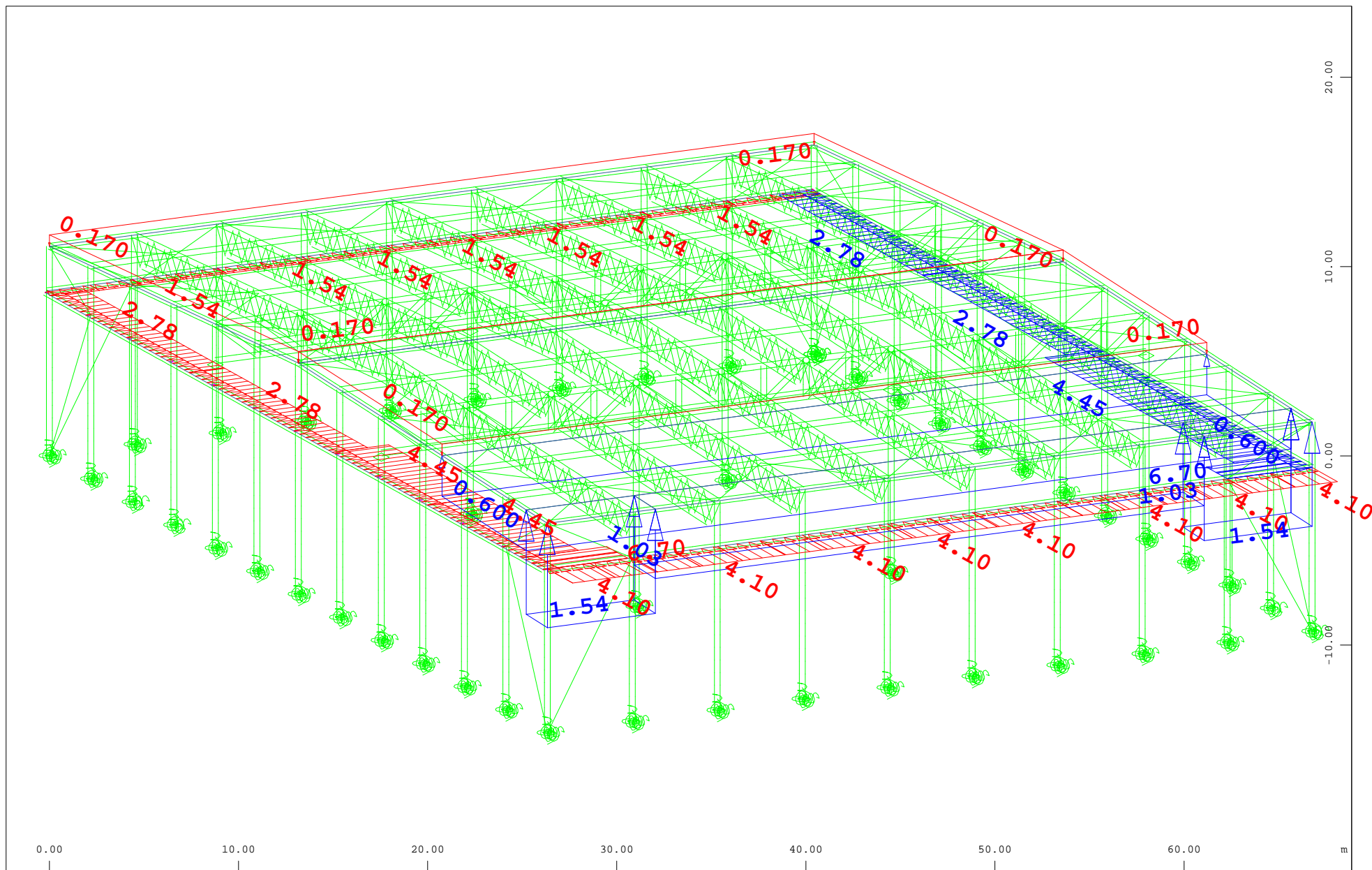
M 1 : 314  
 X \* 0.844  
 Y \* 0.642  
 Z \* 0.936



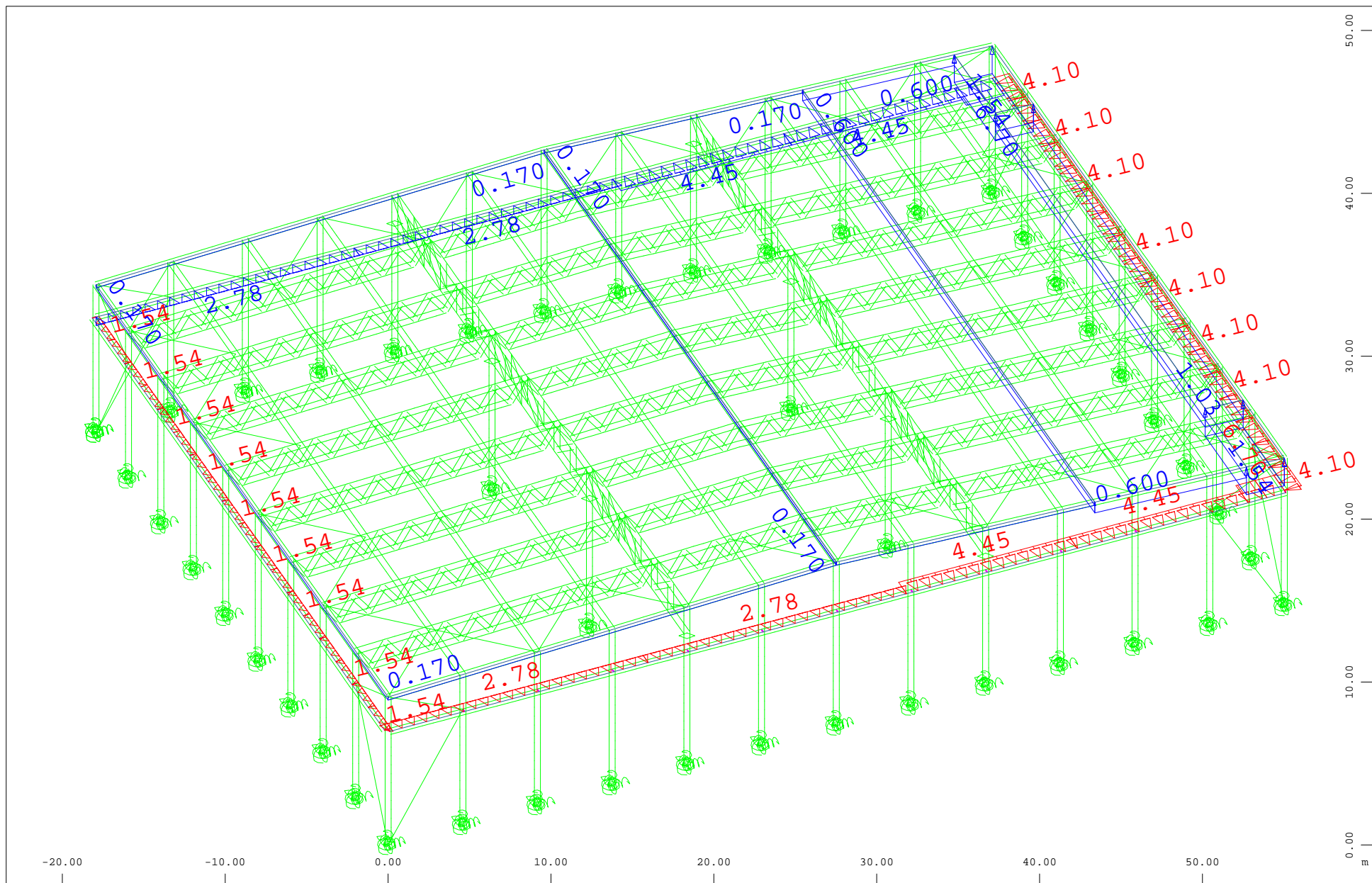


z All loads, Loadcase 51 Viento - X+ , (1 cm 3D = unit) Free line load (force) in global X (Unit=6.17 kN/m,Max=4.10 ) , Free line load M 1 : 314  
 Y X (force) in global Y (Unit=6.17 kN/m,Min=-6.70 Max=6.70 ) , Free area load (force) in global Z (Unit=1.23 kN/m2,Max=1.54 ) X \* 0.844  
 Y \* 0.642  
 Z \* 0.936



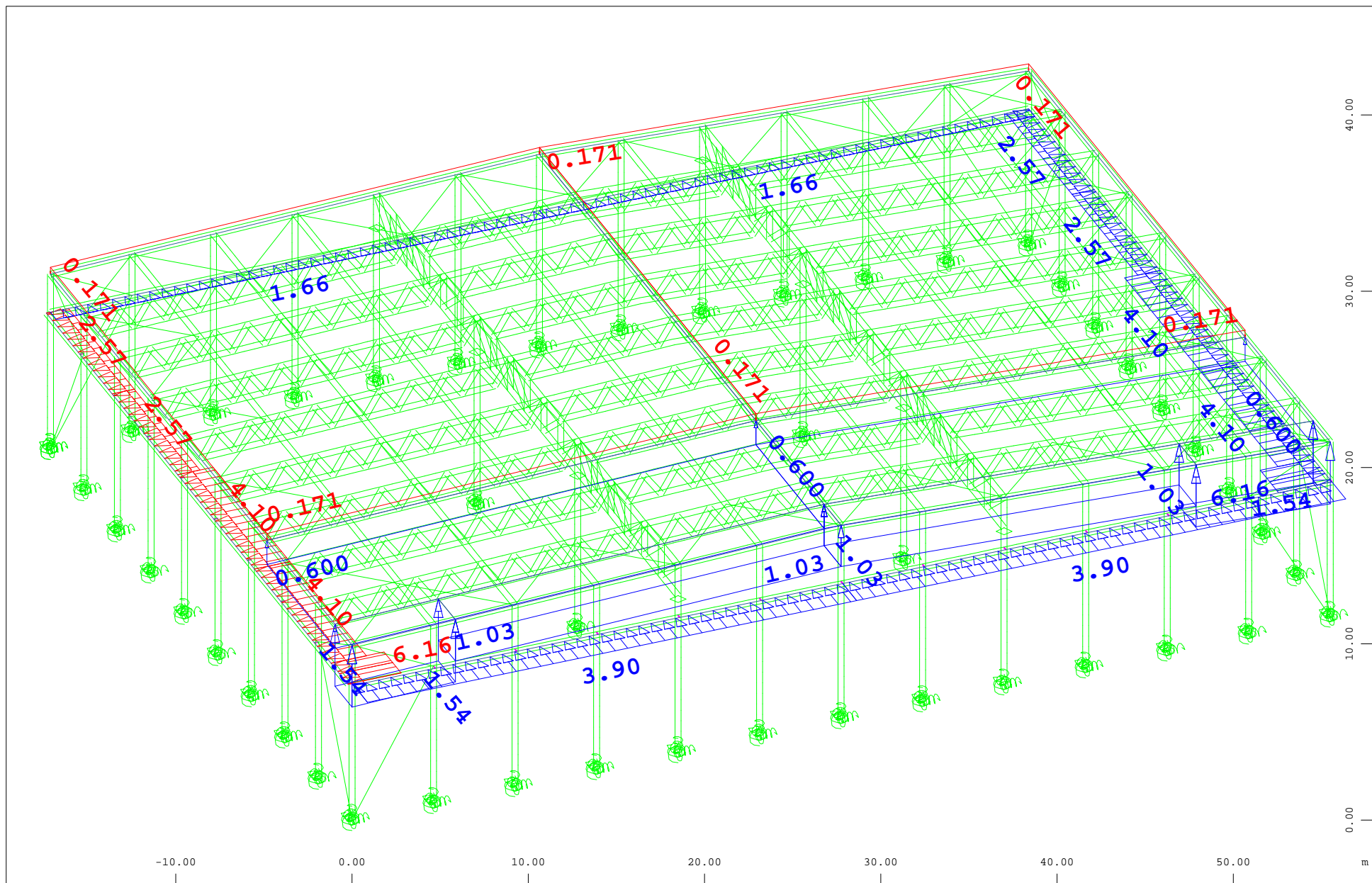


z All loads, Loadcase 52 Viento +X- , (1 cm 3D = unit) Free line load (force) in global X (Unit=3.75 kN/m,Min=-4.10 Max=-1.54  $\nabla$ ), Free M 1 : 279  
 line load (force) in global Y (Unit=3.75 kN/m,Min=-6.70 Max=6.70  $\nabla$ ), Free area load (force) in global Z (Unit=0.750 kN/m2,Min=-0.170 X \* 0.502  
 Max=1.54  $\nabla$ ) Y \* 0.906  
 Z \* 0.962

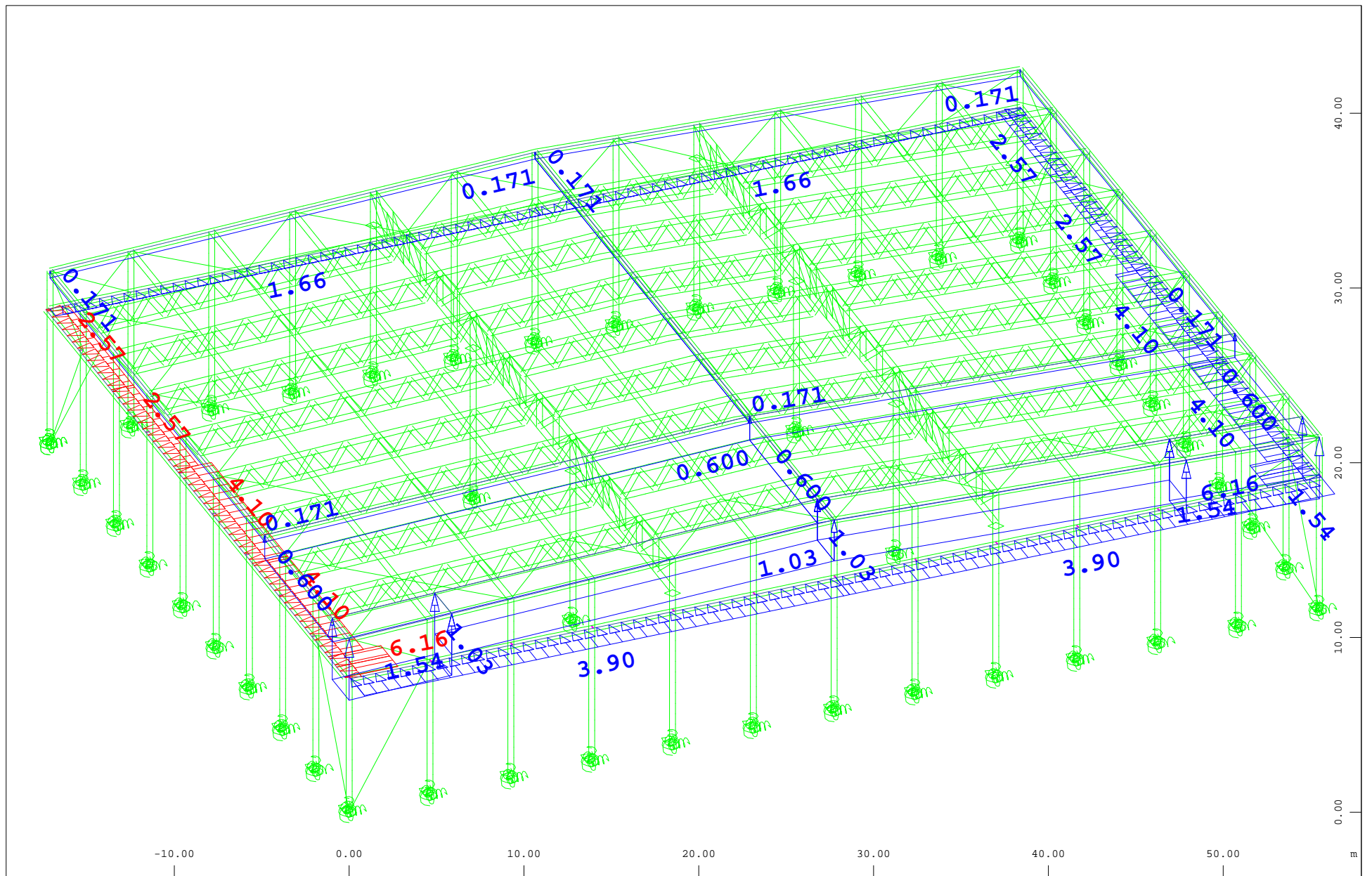





All loads, Loadcase 53 Viento - X - , (1 cm 3D = unit) Free line load (force) in global X (Unit=11.8 kN/m, Min=-4.10 Max=-1.54  $\triangleleft$ ),  
 Free line load (force) in global Y (Unit=11.8 kN/m, Min=-6.70 Max=6.70  $\triangleleft$ ), Free area load (force) in global Z (Unit=2.36  $\triangleleft$ ),  
 kN/m2, Max=1.54  $\triangleleft$

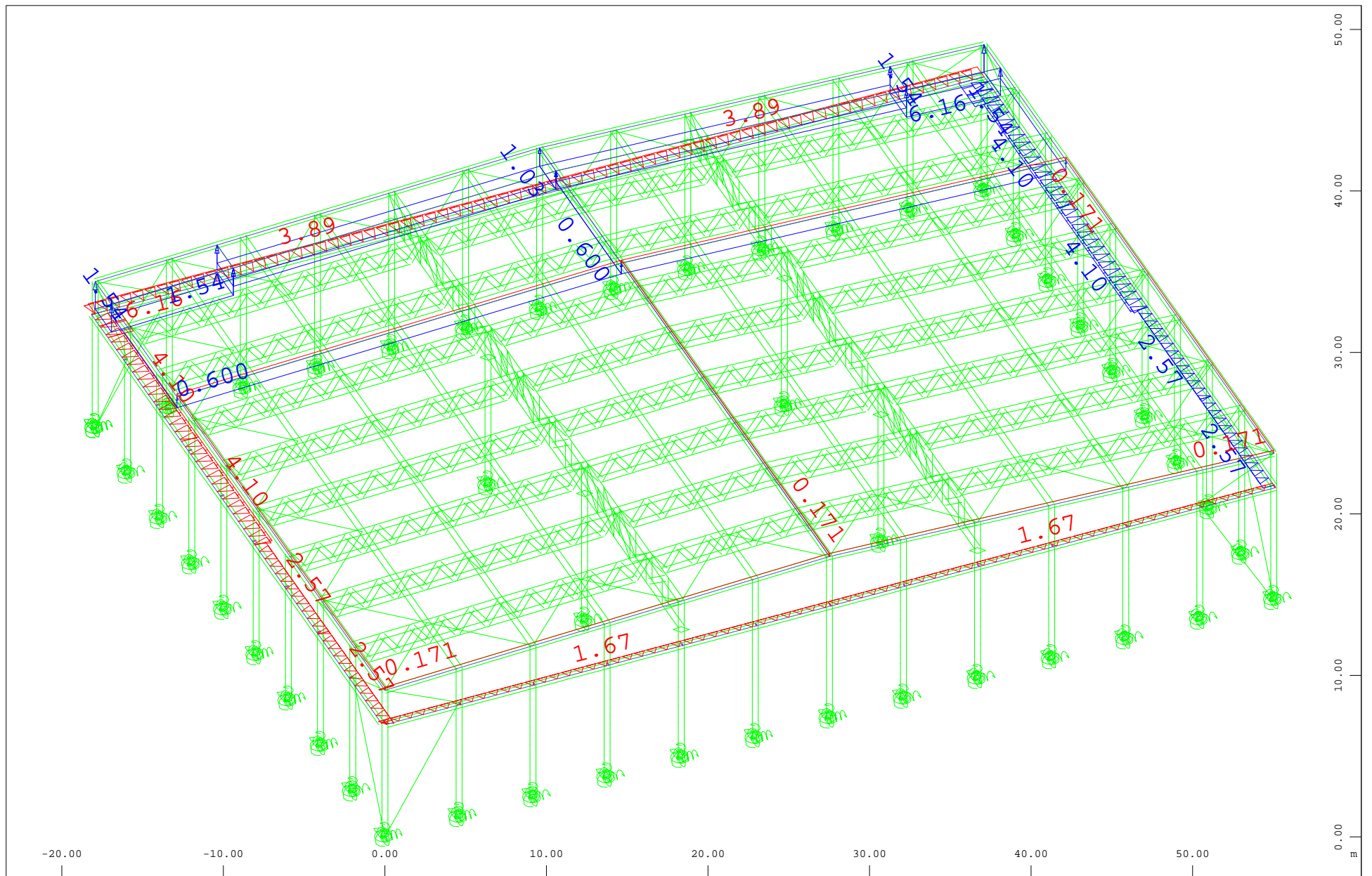
M 1 : 329  
 X \* 0.949  
 Y \* 0.689  
 Z \* 0.790





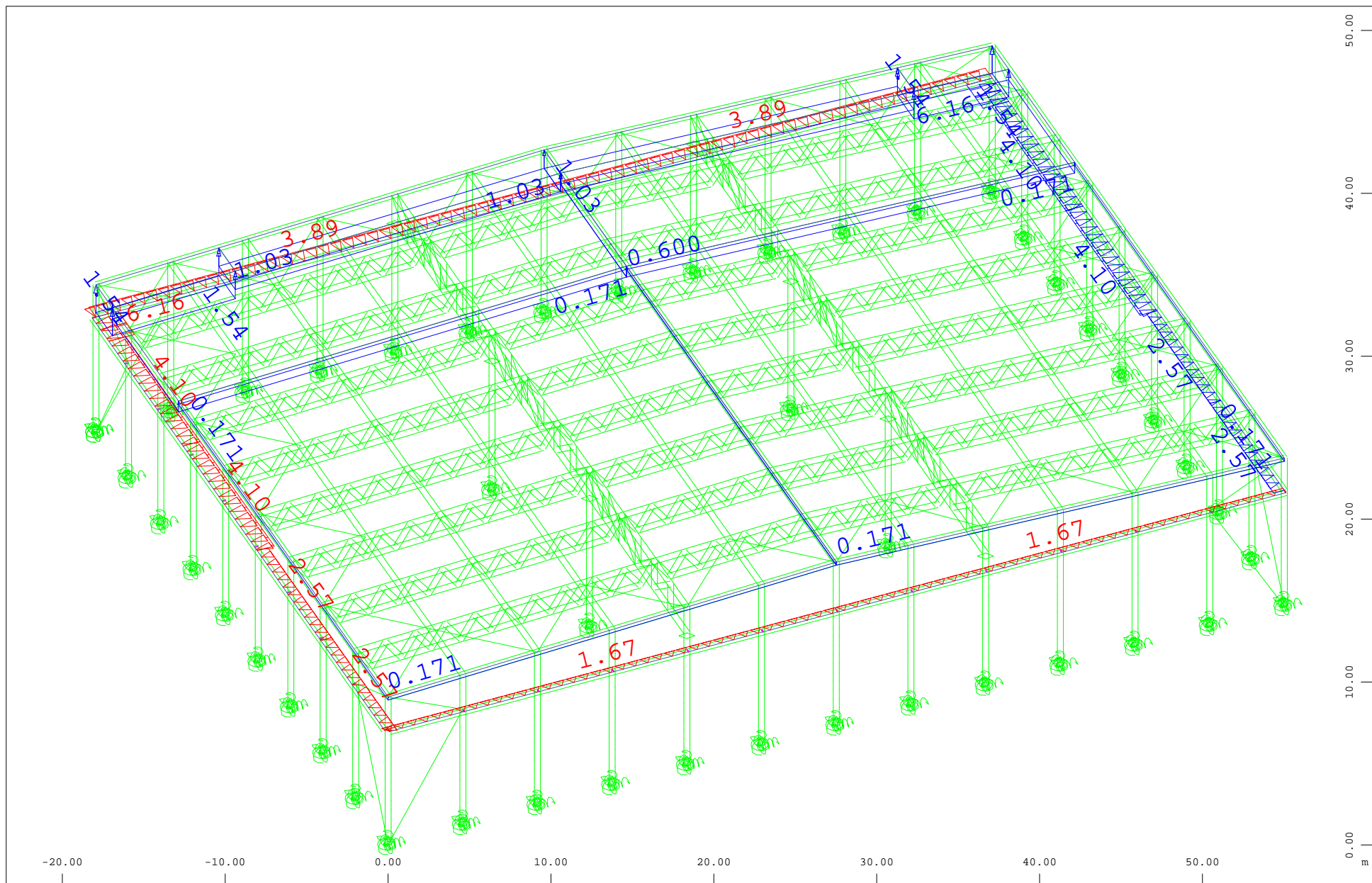






All loads, Loadcase 55 Viento - Y+ , (1 cm 3D = unit) Free line load (force) in global X (Unit=5.74 kN/m,Min=-6.16 Max=6.16 ) , Free  
 X line load (force) in global Y (Unit=5.74 kN/m,Max=3.90 ) , Free area load (force) in global Z (Unit=1.15 kN/m2,Max=1.54 )  
 M 1 : 304  
 X \* 0.945  
 Y \* 0.603  
 Z \* 0.863



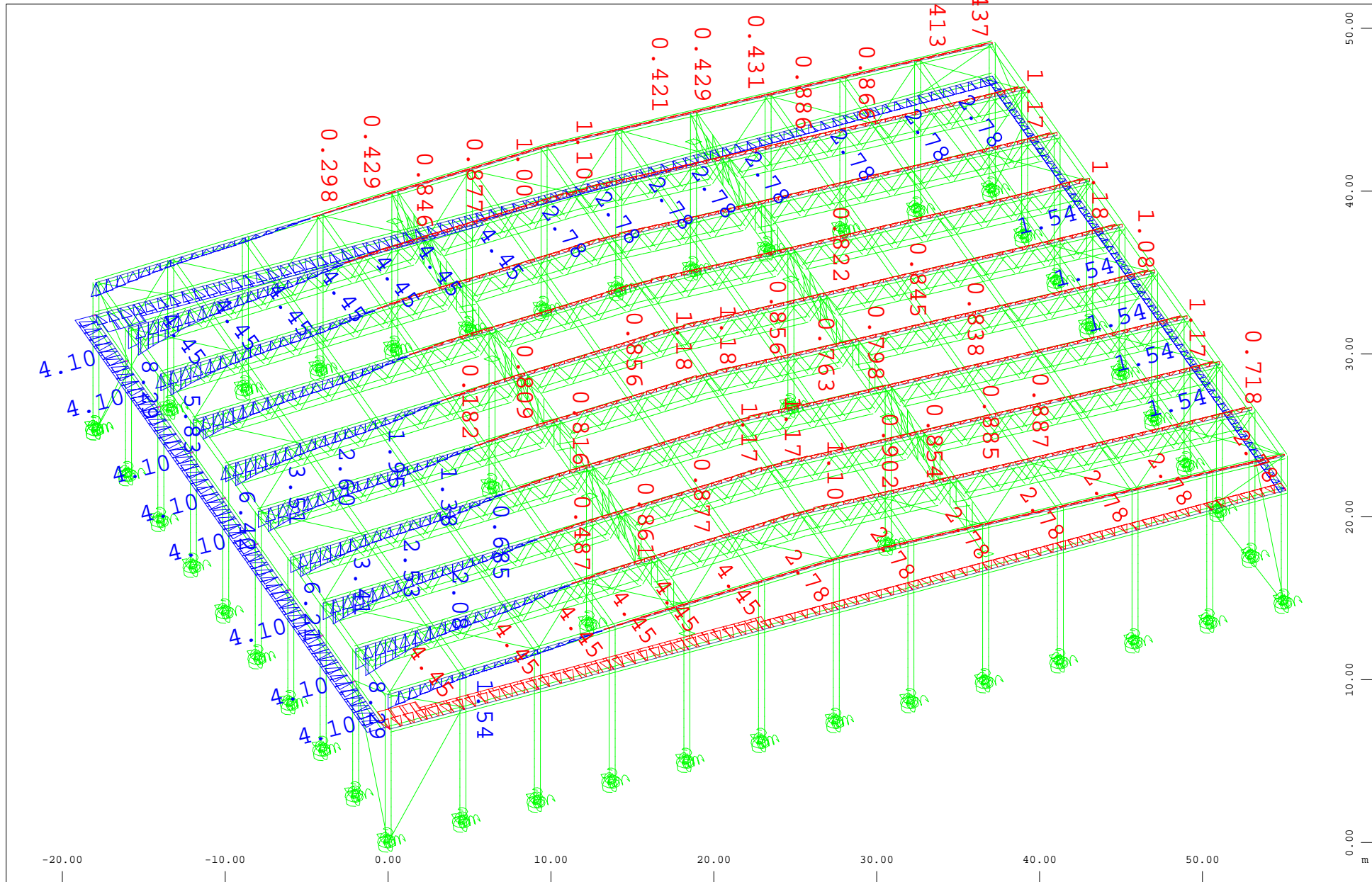
All loads, Loadcase 56 Viento + Y- , (1 cm 3D = unit) Free line load (force) in global X (Unit=11.8 kN/m, Min=-6.16 Max=6.16  $\rightarrow$ ), Free  
 line load (force) in global Y (Unit=11.8 kN/m, Min=-3.89 Max=-1.67  $\rightarrow$ ), Free area load (force) in global Z (Unit=2.36 kN/m<sup>2</sup>, Min=-0.171  
 Max=1.54  $\rightarrow$ )




M 1 : 329  
 X \* 0.949  
 Y \* 0.689  
 Z \* 0.790



All loads, Loadcase 57 Viento - Y- , (1 cm 3D = unit) Free line load (force) in global X (Unit=11.8 kN/m, Min=-6.16 Max=6.16 , Free M 1 : 329  
 line load (force) in global Y (Unit=11.8 kN/m, Min=-3.89 Max=-1.67 , Free area load (force) in global Z (Unit=2.36 , Free X \* 0.949  
 kN/m2, Max=1.54 ) Y \* 0.689  
 Z \* 0.790

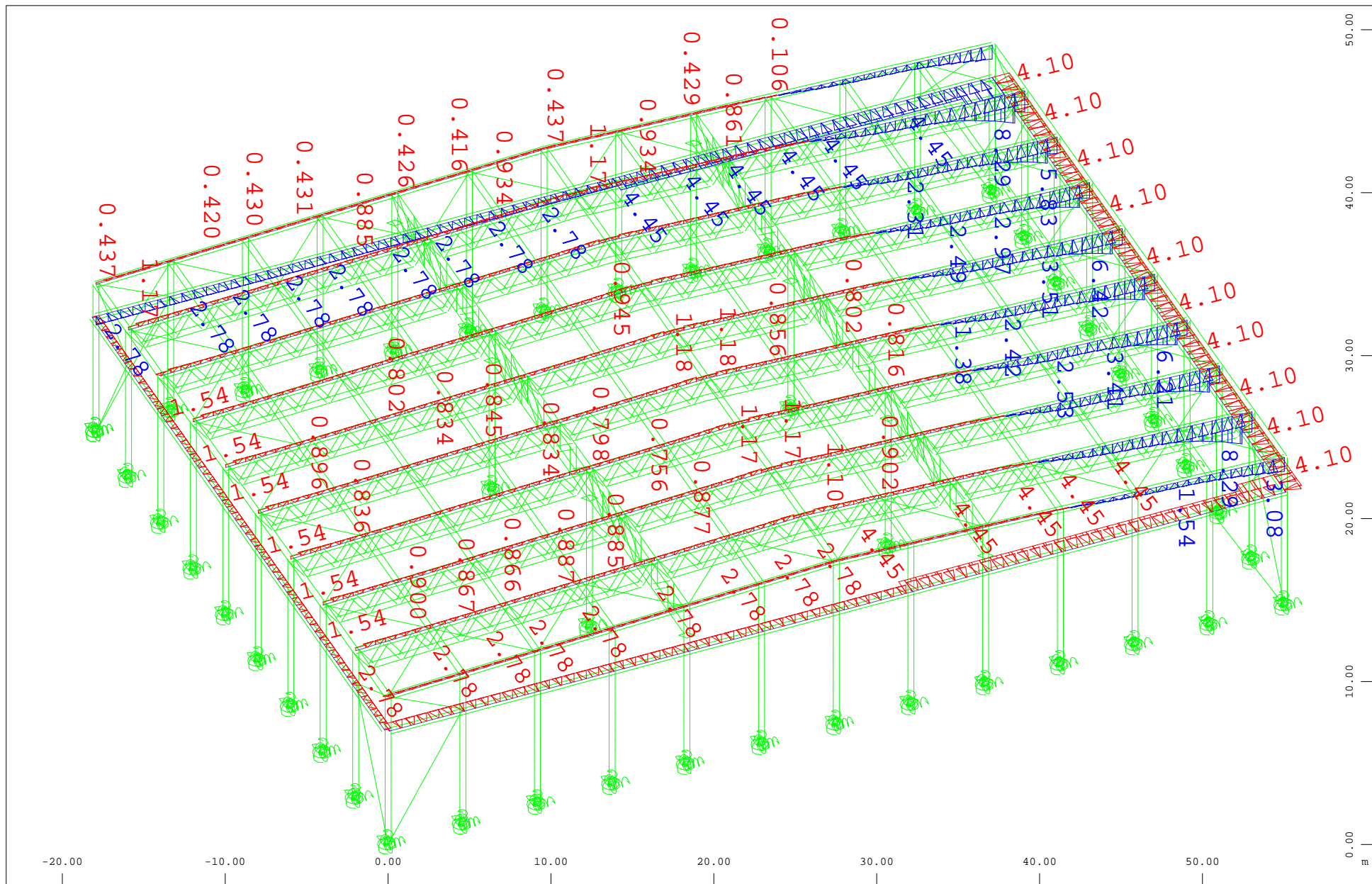




All loads, Loadcase 50 Viento +X+ , (1 cm 3D = unit) Beam line load (force) in global X (Unit=11.8 kN/m,Max=4.10 ) , Beam line load (force) in global Y (Unit=11.8 kN/m,Min=-6.70 Max=6.70 ) , Beam line load (force) in global Z (Unit=11.8 kN/m,Min=-1.18 Max=8.29 ) , Beam line load M 1 : 329  
X \* 0.949  
Y \* 0.689  
Z \* 0.790

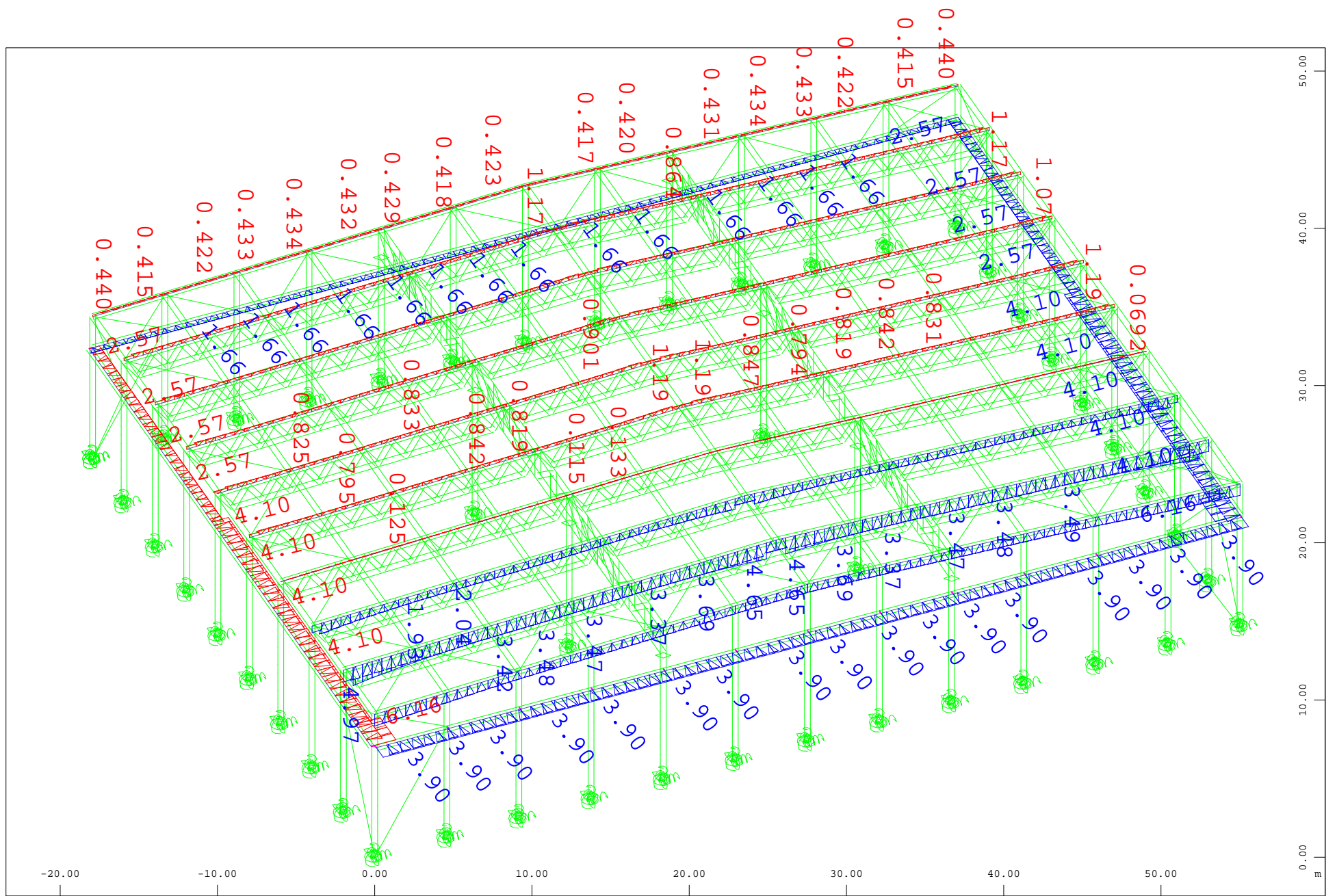









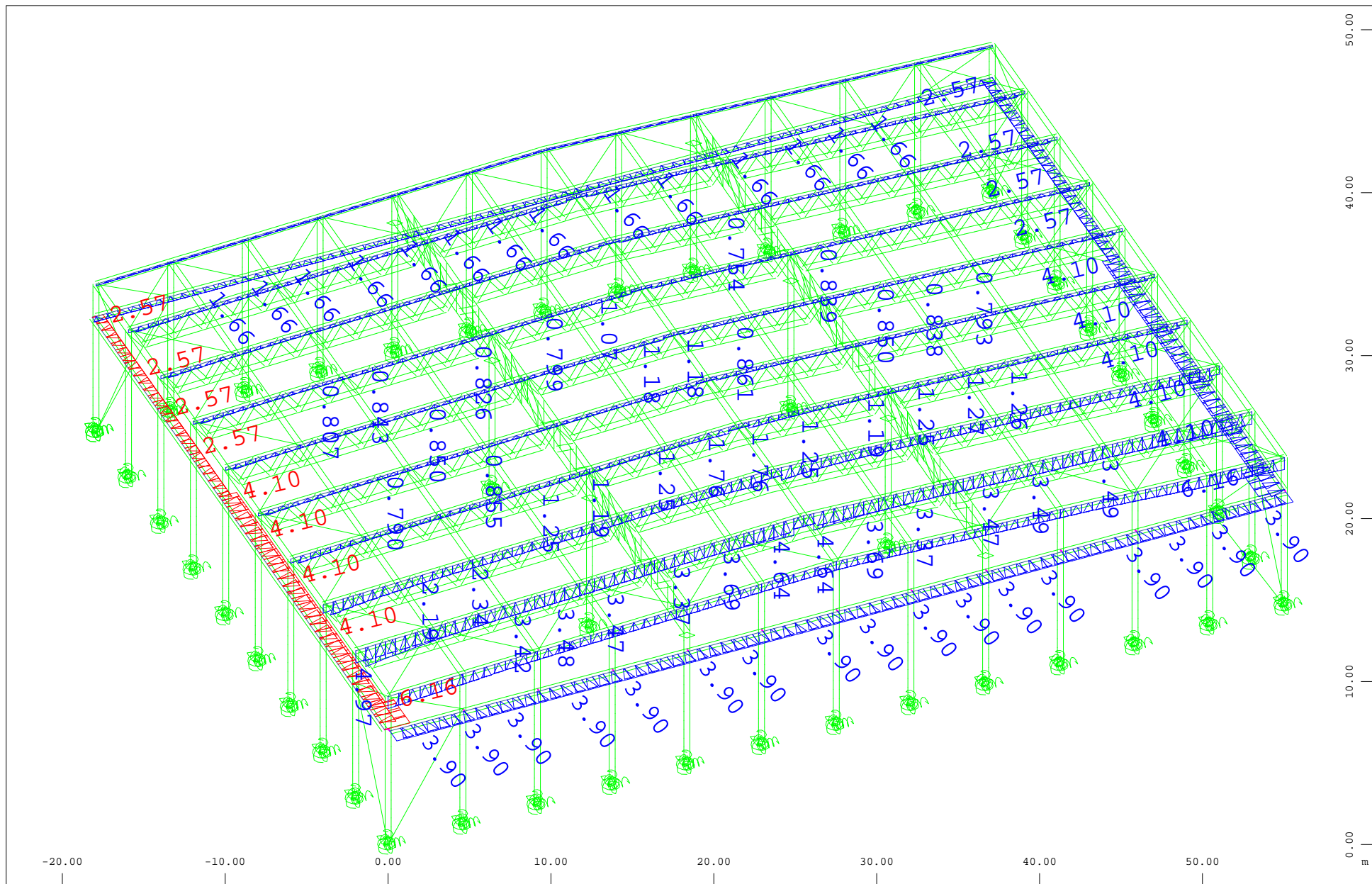
All loads, Loadcase 52 Viento +X- , (1 cm 3D = unit) Beam line load (force) in global X (Unit=11.8 kN/m,Min=-4.10 Max=-1.54  $\nabla$ ), Beam M 1 : 329  
 line load (force) in global Y (Unit=11.8 kN/m,Min=-6.70 Max=6.70  $\nabla$ ), Beam line load (force) in global Z (Unit=11.8 kN/m,Min=-1.18  $\nabla$ ), Beam  
 Max=8.29  $\nabla$  X \* 0.949  
 Y \* 0.689  
 Z \* 0.790



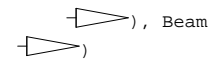


All loads, Loadcase 54 Viento + Y+ , (1 cm 3D = unit) Beam line load (force) in global X (Unit=11.8 kN/m,Min=-6.16 Max=6.16 , Beam M 1 : 329  
 X line load (force) in global Y (Unit=11.8 kN/m,Max=3.90 , Beam line load (force) in global Z (Unit=11.8 kN/m,Min=-1.19 Max=5.28 , Beam X \* 0.949  
 Y \* 0.689  
 Z \* 0.790

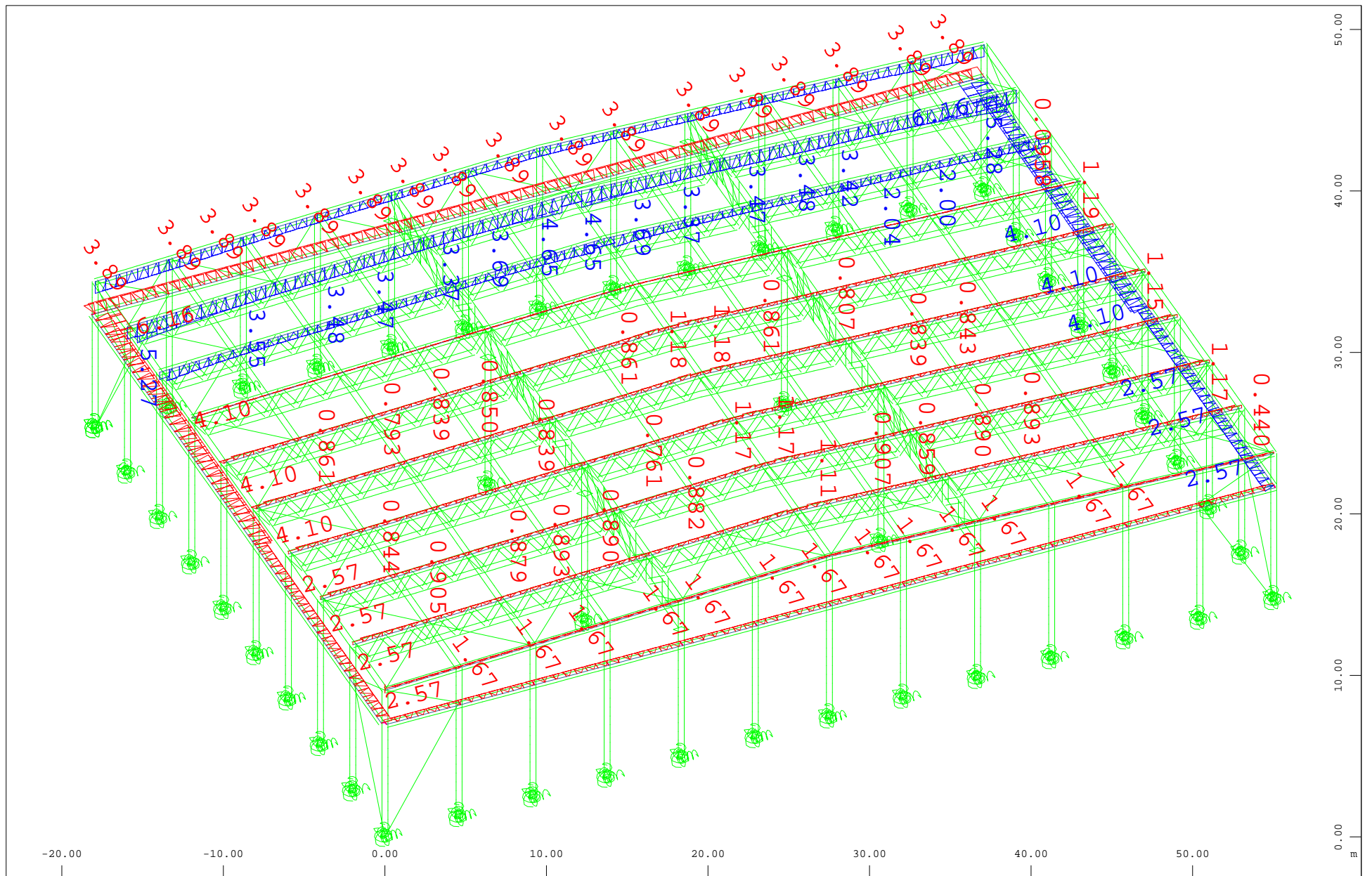




All loads, Loadcase 55 Viento - Y+ , (1 cm 3D = unit) Beam line load (force) in global X (Unit=11.8 kN/m,Min=-6.16 Max=6.16  
 X line load (force) in global Y (Unit=11.8 kN/m,Max=3.90  
 Y line load (force) in global Z (Unit=11.8 kN/m,Max=5.27

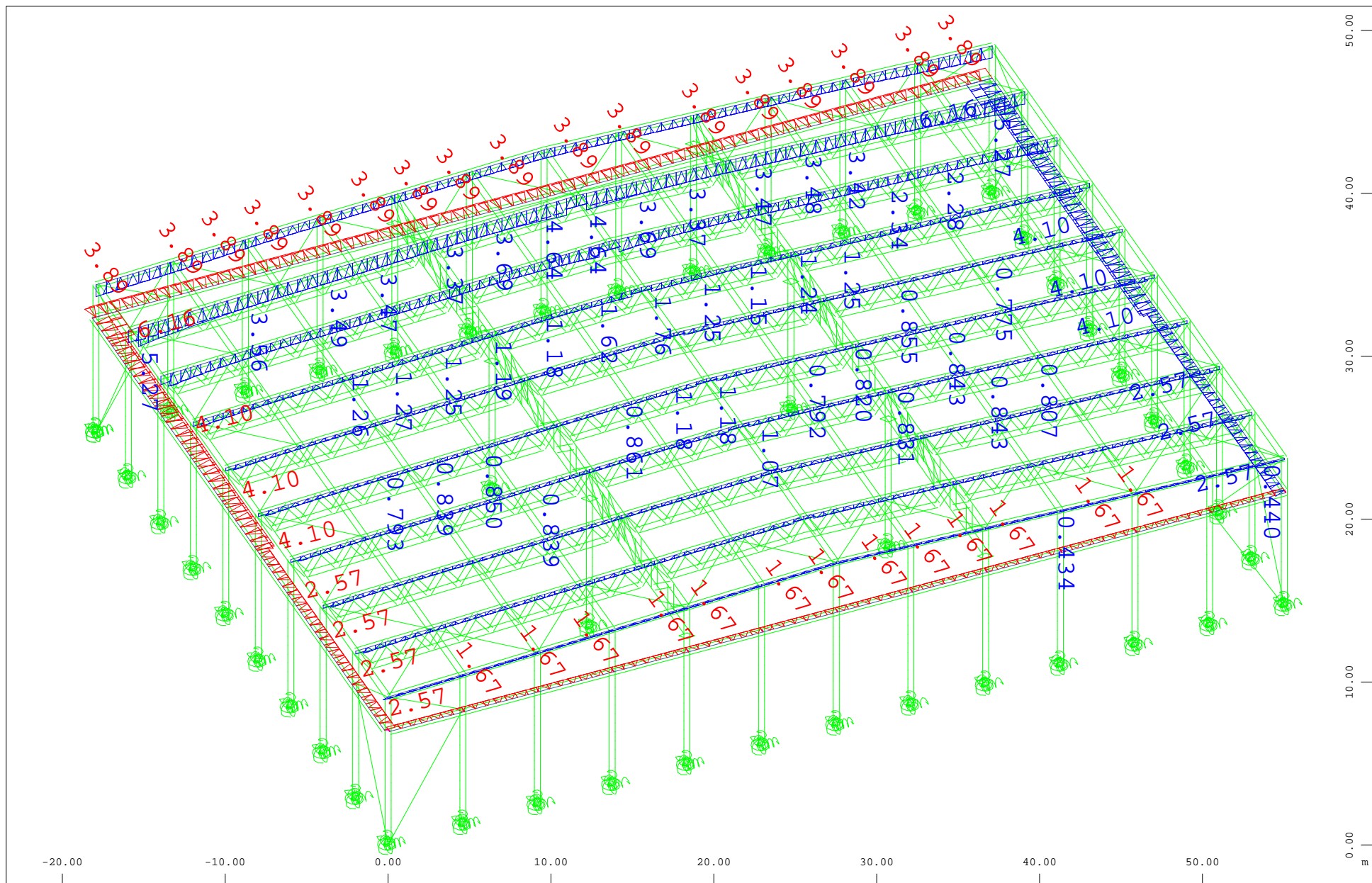





M 1 : 329  
 X \* 0.949  
 Y \* 0.689  
 Z \* 0.790



All loads, Loadcase 56 Viento + Y- , (1 cm 3D = unit) Beam line load (force) in global X (Unit=11.8 kN/m, Min=-6.16 Max=6.16  $\triangleleft$ ), Beam M 1 : 329  
 line load (force) in global Y (Unit=11.8 kN/m, Min=-3.89 Max=-1.67  $\triangleleft$ ), Beam line load (force) in global Z (Unit=11.8 kN/m, Min=-1.19  
 Max=5.28  $\triangleleft$ )

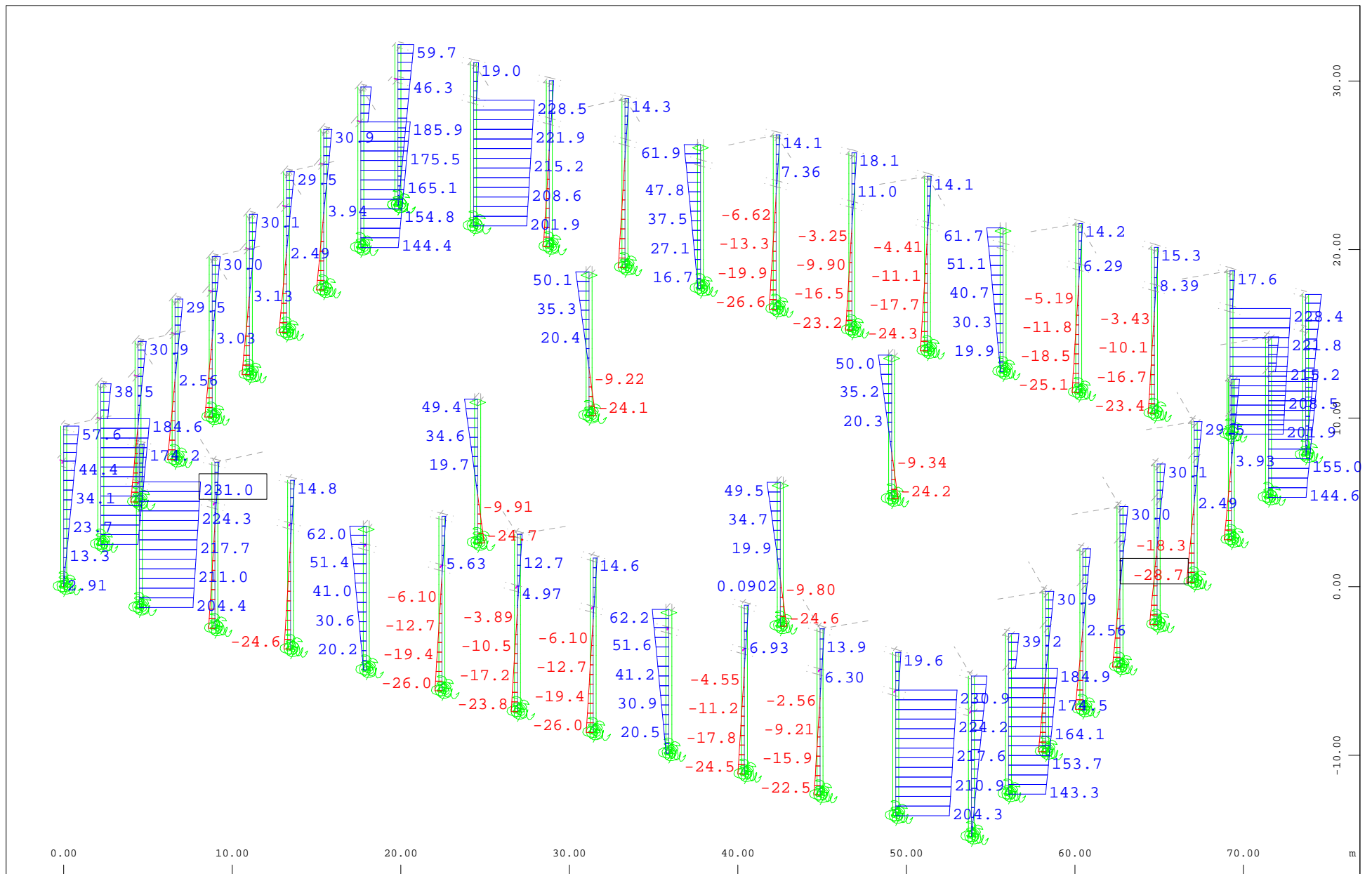
X \* 0.949  
 Y \* 0.689  
 Z \* 0.790



All loads, Loadcase 57 Viento - Y- , (1 cm 3D = unit) Beam line load (force) in global X (Unit=11.8 kN/m, Min=-6.16 Max=6.16 ) , Beam M 1 : 329  
 X line load (force) in global Y (Unit=11.8 kN/m, Min=-3.89 Max=-1.67 ) , Beam line load (force) in global Z (Unit=11.8 kN/m, Max=5.27 ) X \* 0.949  
 Y \* 0.689  
 Z \* 0.790

**1.A7. ENVOLVENTE DE ESFUERZOS. SITUACIONES  
PESISTENTES Y TRANSITORIOAS (ELU)**





$\begin{matrix} Z \\ \swarrow \\ Y \\ \nwarrow \\ X \end{matrix}$

Sector of system Group 0...6

Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 109121 MAX-N BEAM Forces in Beam Element , 1 cm 3D = 200.0 kN (Min=-28.7) (Max=231.0)

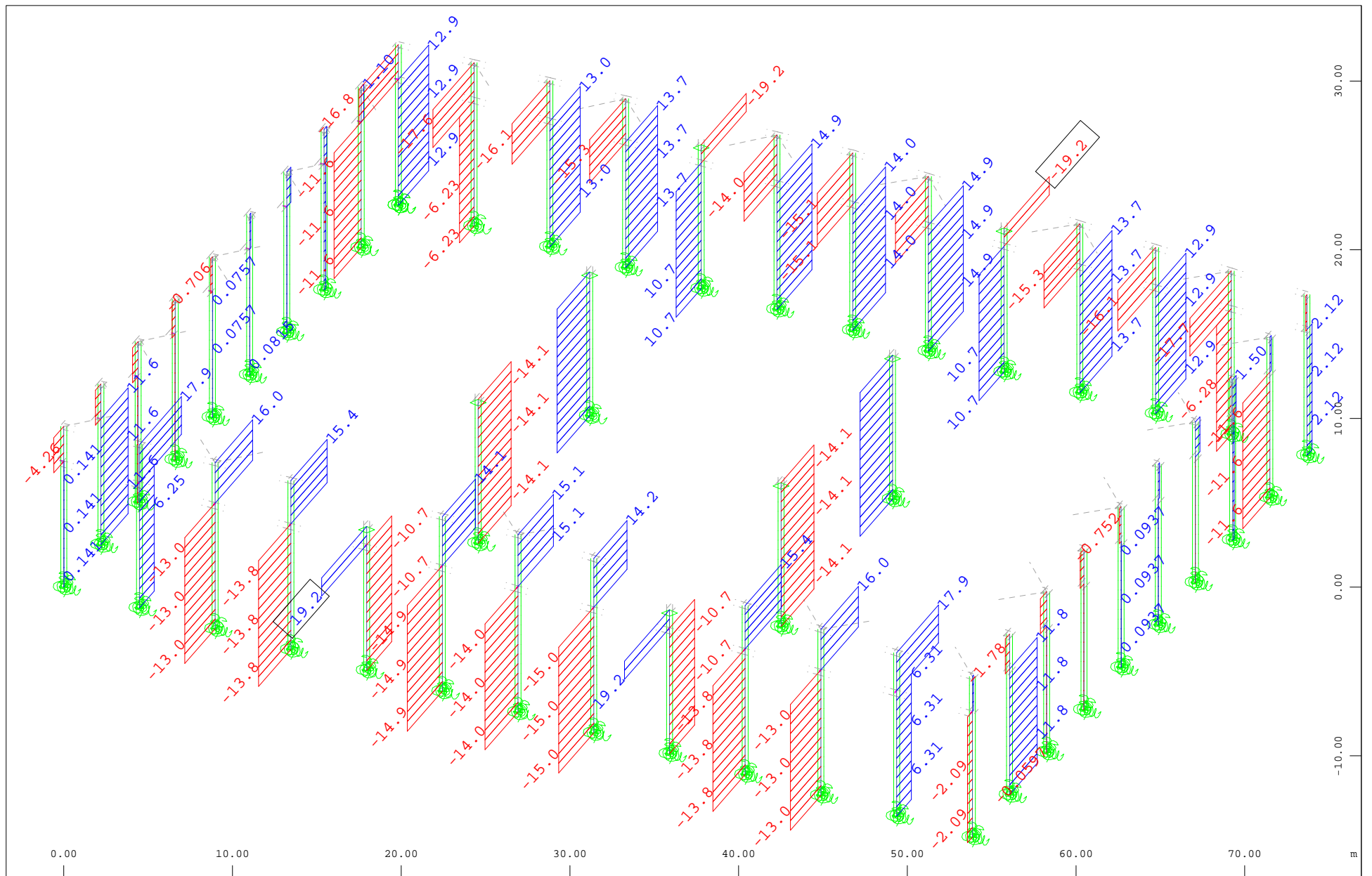
M 1 : 315

X \* 0.931

Y \* 0.669

Z \* 0.828





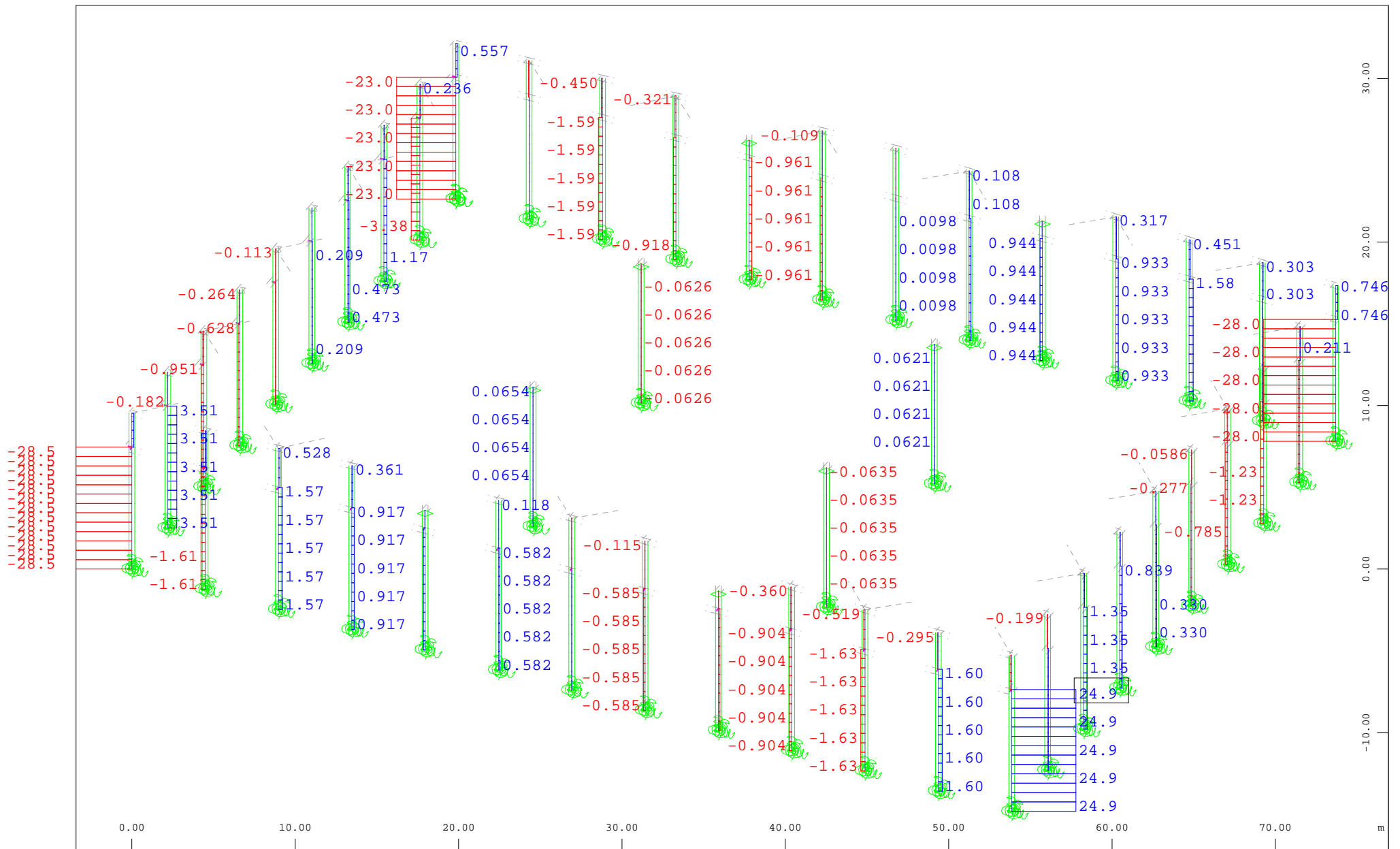
$\begin{matrix} Z \\ Y \\ X \end{matrix}$

Sector of system Group 0...6

Beam Elements , Shear force  $V_z$ , Loadcase 109121 MAX-N BEAM Forces in Beam Elemen , 1 cm 3D = 10.0 kN (Min=-19.2) (Max=19.2)

M 1 : 315

X \* 0.931  
 Y \* 0.669  
 Z \* 0.828



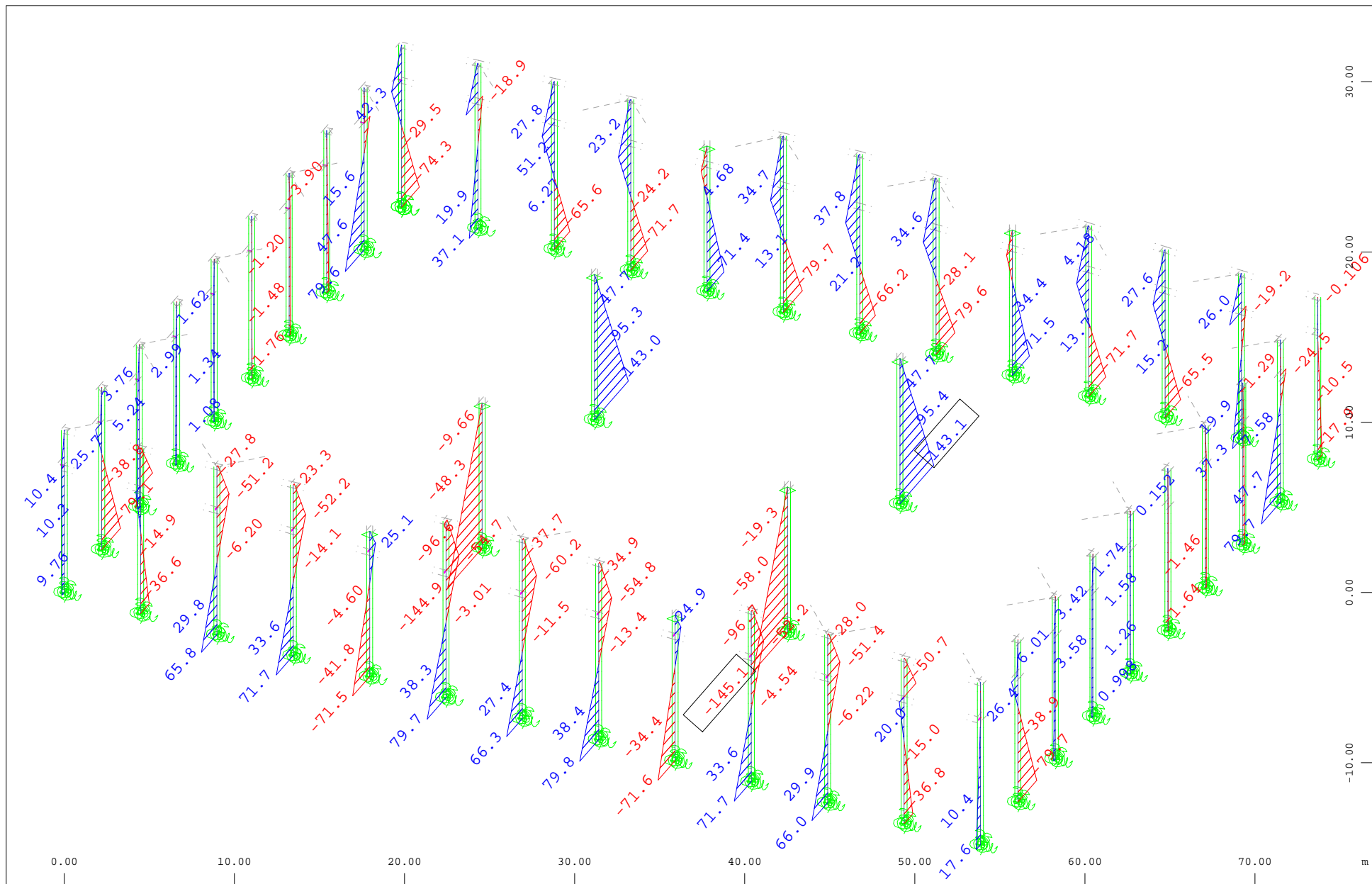
$\begin{matrix} Z \\ \swarrow \\ Y \\ \searrow \\ X \end{matrix}$

Sector of system Group 0...6

Beam Elements , Torsional moment  $M_t$ , Loadcase 109121 MAX-N BEAM Forces in Beam Elemen , 1 cm 3D = 20.0 kNm (Min=-28.5) (Max=24.9)

M 1 : 315

X \* 0.931  
 Y \* 0.669  
 Z \* 0.828



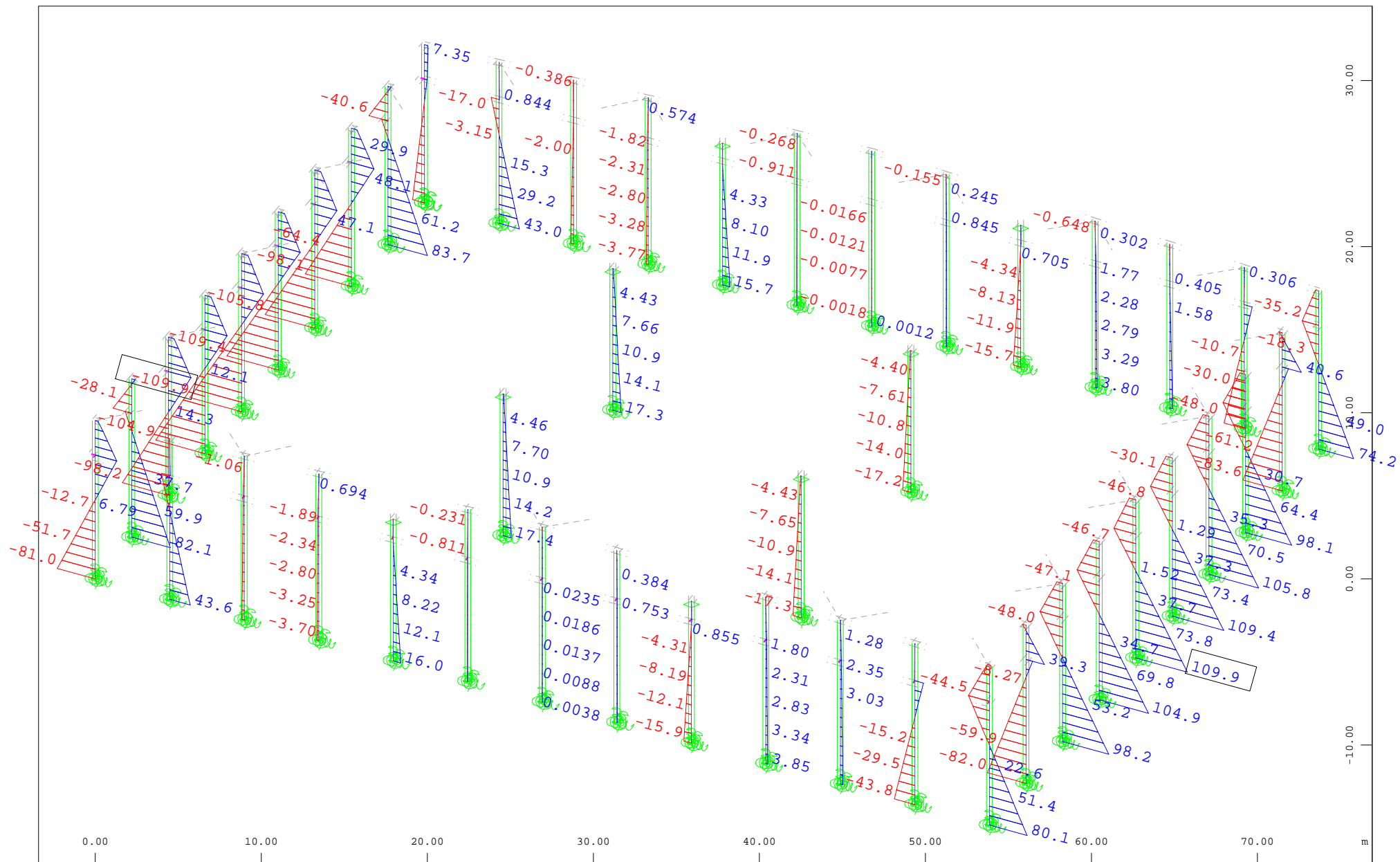
$\begin{matrix} Z \\ Y \\ X \end{matrix}$

Sector of system Group 0...6

Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 109121 MAX-N BEAM Forces in Beam Elemen , 1 cm 3D = 100.0 kNm (Min=-145.1) (Max=143.1)

M 1 : 315

X \* 0.931  
 Y \* 0.669  
 Z \* 0.828



$\begin{matrix} Z \\ \swarrow \\ Y \\ \searrow \\ X \end{matrix}$

Sector of system Group 0...6

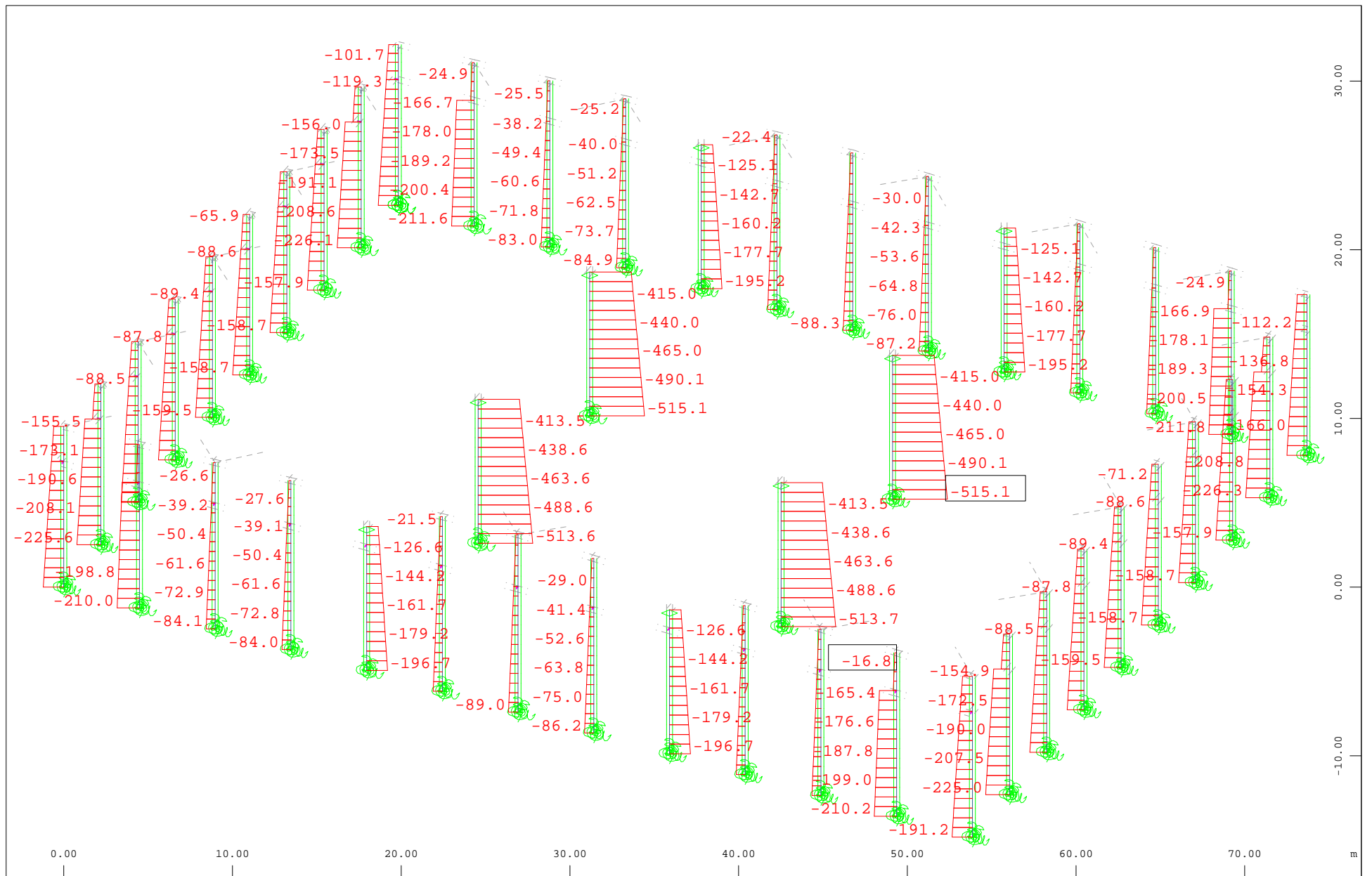
Beam Elements , Bending moment Mz, Loadcase 109121 MAX-N BEAM Forces in Beam Elemen , 1 cm 3D = 100.0 kNm (Min=-109.9) (Max=109.9)

M 1 : 315

X \* 0.931

Y \* 0.669

Z \* 0.828



$\begin{matrix} z \\ y \\ x \end{matrix}$

Sector of system Group 0...6

Beam Elements , Normal force  $N_x$ , Loadcase 109122 MIN-N BEAM Forces in Beam Element , 1 cm 3D = 500.0 kN (Min=-515.1) (Max=-16.8)

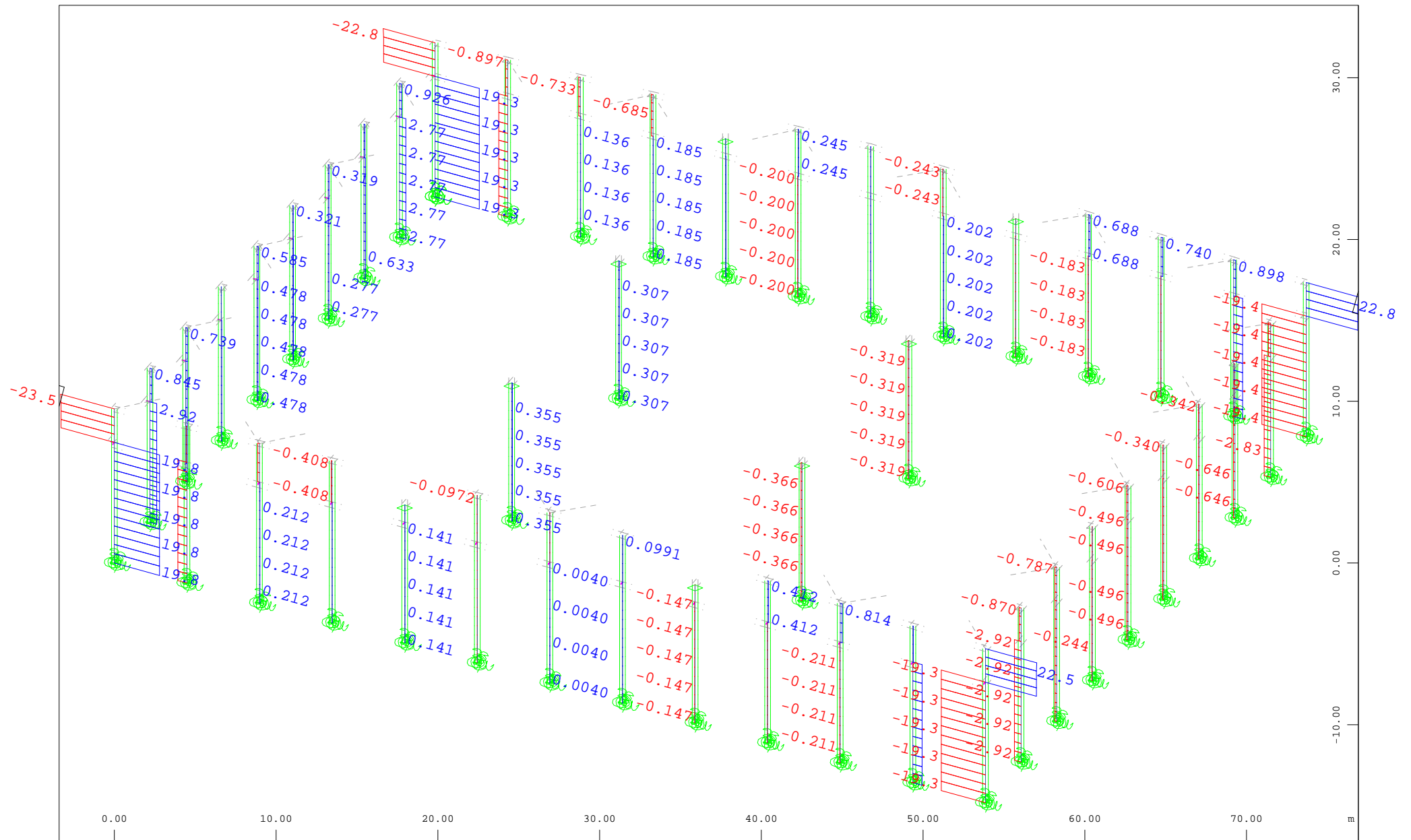
M 1 : 315

X \* 0.931

Y \* 0.669

Z \* 0.828





$\begin{matrix} z \\ y \\ \swarrow x \end{matrix}$

Sector of system Group 0...6

Beam Elements , Shear force  $V_y$ , Loadcase 109122 MIN-N BEAM Forces in Beam Elements , 1 cm 3D = 20.0 kN (Min=-23.5) (Max=22.8)

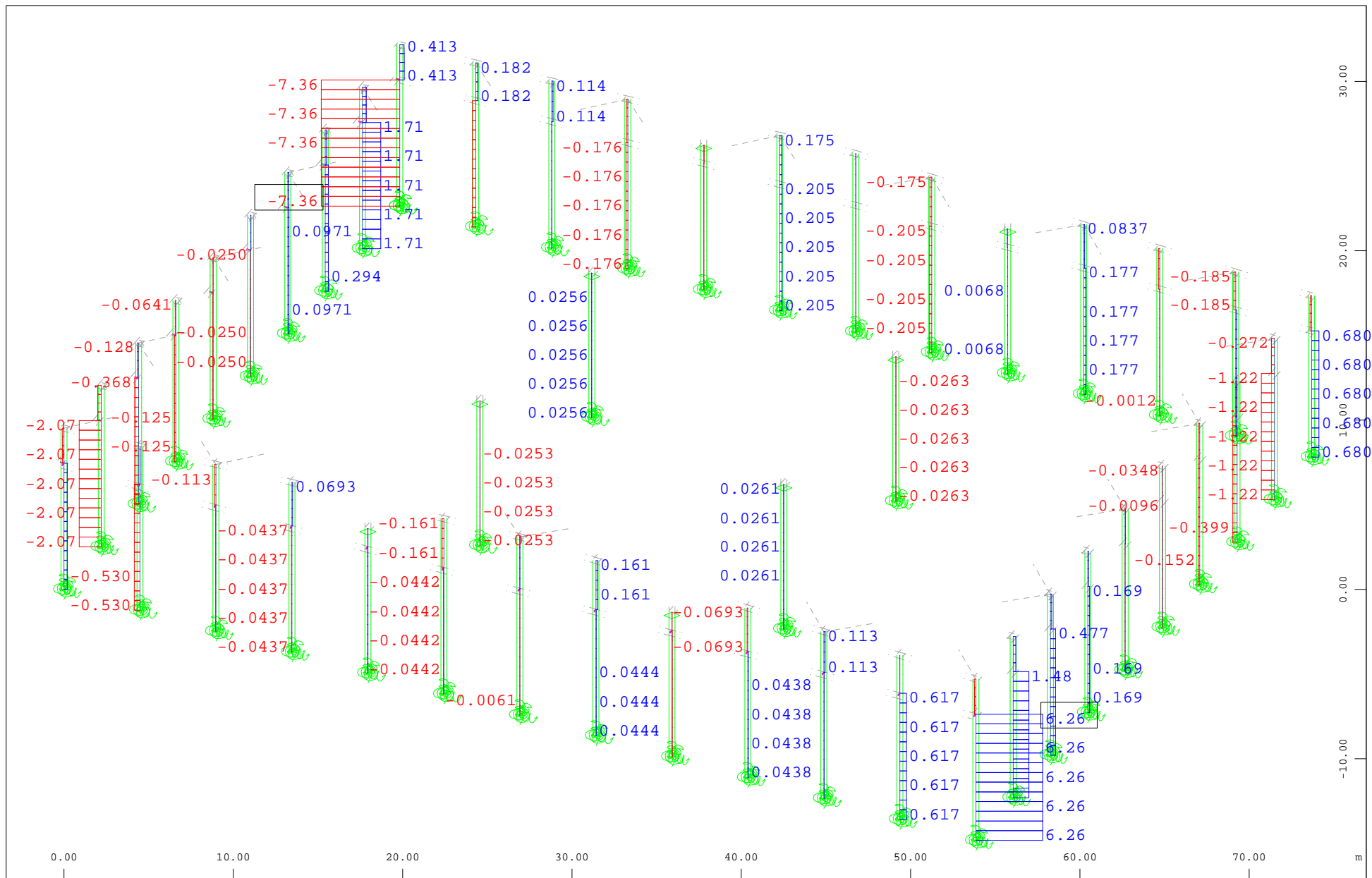
M 1 : 315

X \* 0.931  
 Y \* 0.669  
 Z \* 0.828



Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 109122 MIN-N BEAM Forces in Beam Elemen , 1 cm 3D = 20.0 kN (Min=-21.3) (Max=21.3)

```
X * 0.931
Y * 0.669
Z * 0.828
```



Z  
Y  
X

Sector of system Group 0...6

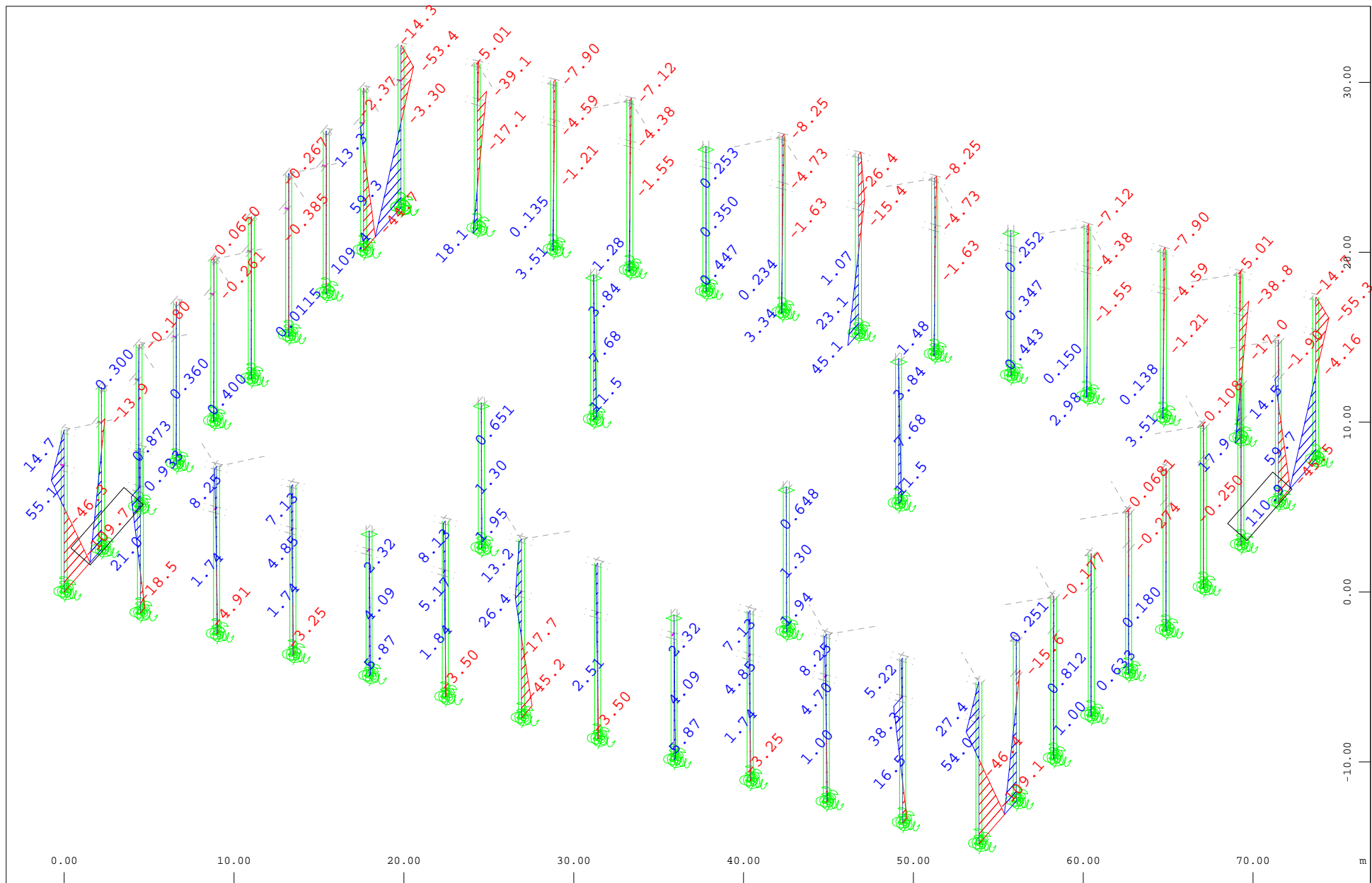
Beam Elements , Torsional moment  $M_t$ , Loadcase 109122 MIN-N BEAM Forces in Beam Elemen , 1 cm 3D = 5.00 kNm (Min=-7.36) (Max=6.26)

M 1 : 315

X \* 0.931

Y \* 0.669

Z \* 0.828



$\begin{matrix} z \\ y \\ \swarrow \searrow \\ x \end{matrix}$

Sector of system Group 0...6

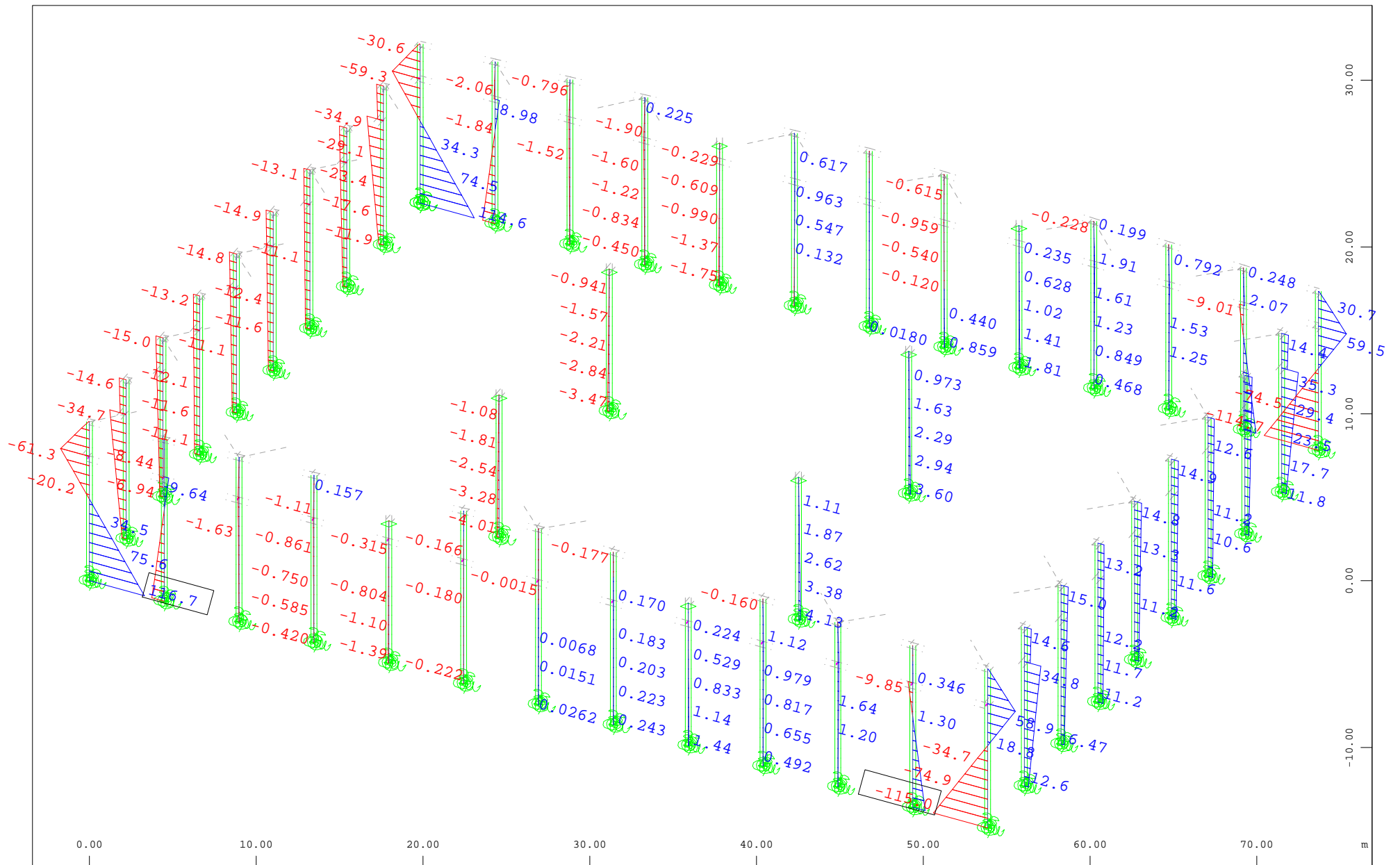
Beam Elements , Bending moment  $M_y$ , Loadcase 109122 MIN-N BEAM Forces in Beam Elemen , 1 cm 3D = 100.0 kNm (Min=-109.7) (Max=110.9)

M 1 : 315

X \* 0.931

Y \* 0.669

Z \* 0.828



Z  
Y  
X

Sector of system Group 0...6

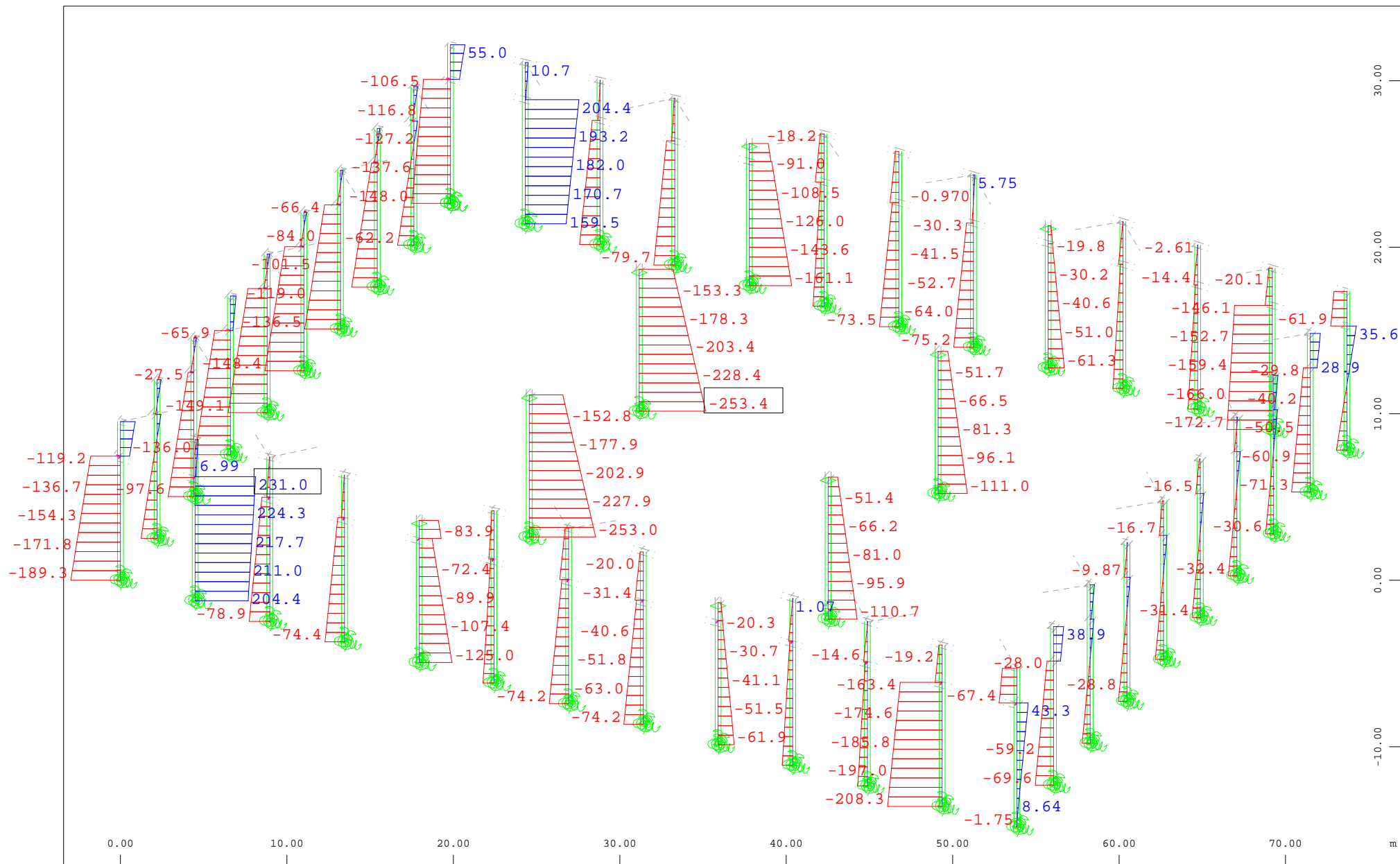
Beam Elements , Bending moment  $M_z$ , Loadcase 109122 MIN-N BEAM Forces in Beam Element , 1 cm 3D = 100.0 kNm (Min=-115.0) (Max=116.7)

M 1 : 315

X \* 0.931

Y \* 0.669

Z \* 0.828



z  
y  
x

Sector of system Group 0...6

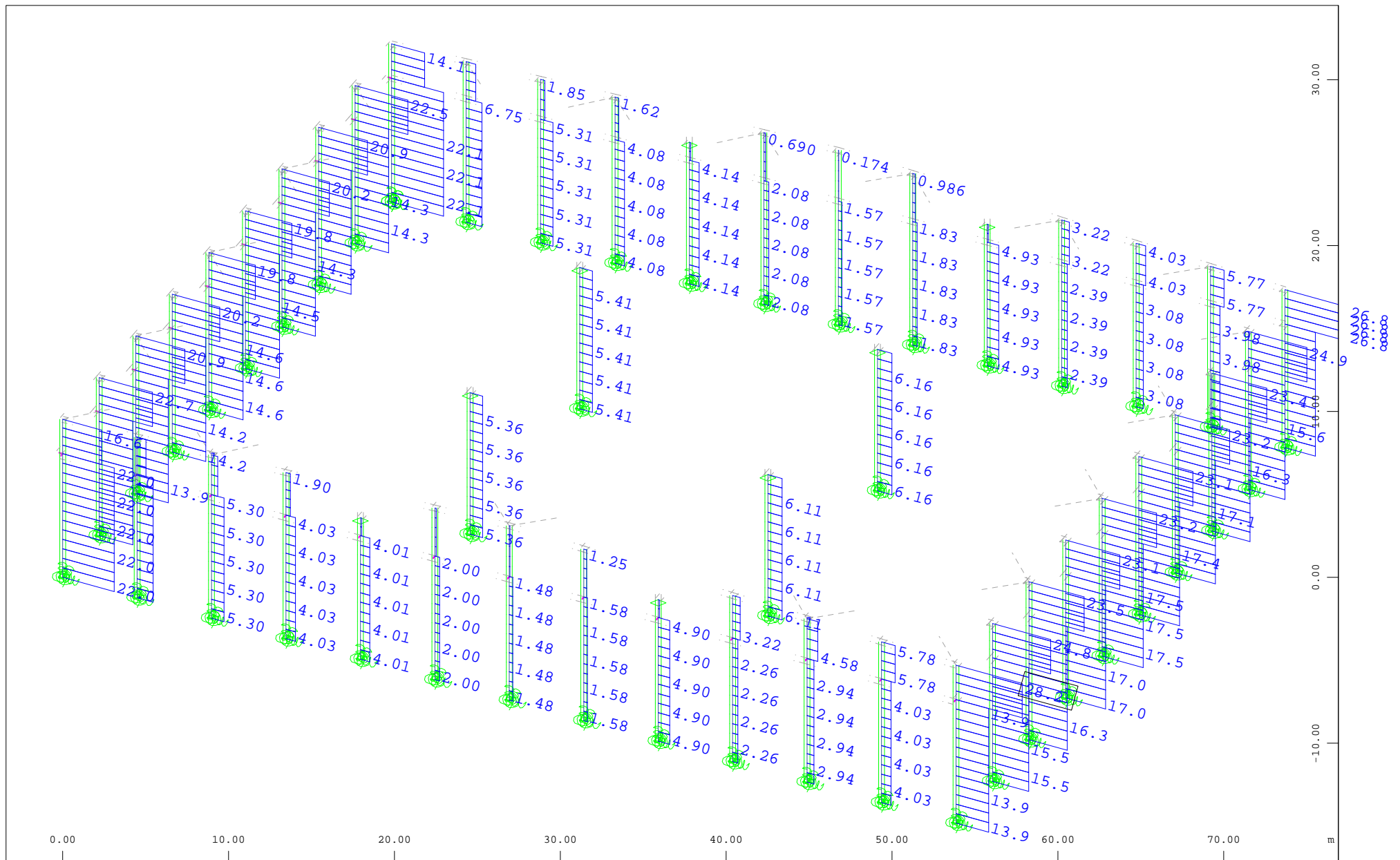
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 109123 MAX-VY BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 200.0 kN (Min=-253.4) (Max=231.0)

M 1 : 315

X \* 0.931

Y \* 0.669

Z \* 0.828



$\begin{matrix} Z \\ Y \\ X \end{matrix}$

Sector of system Group 0...6

Beam Elements, Shear force  $V_y$ , Loadcase 109123 MAX-VY BEAM Forces in Beam Eleme, 1 cm 3D = 20.0 kN (Max=28.2)

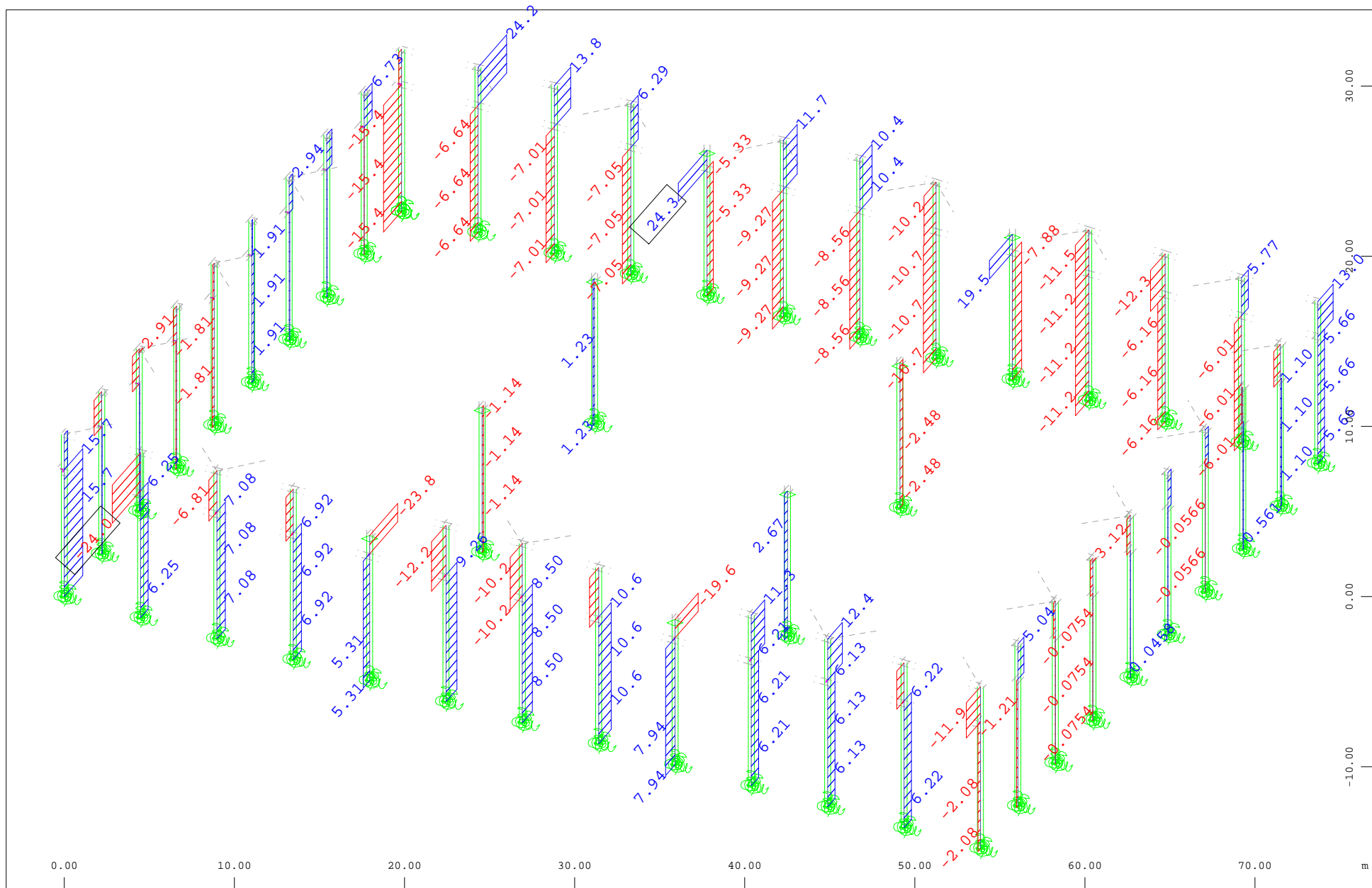
M 1 : 315

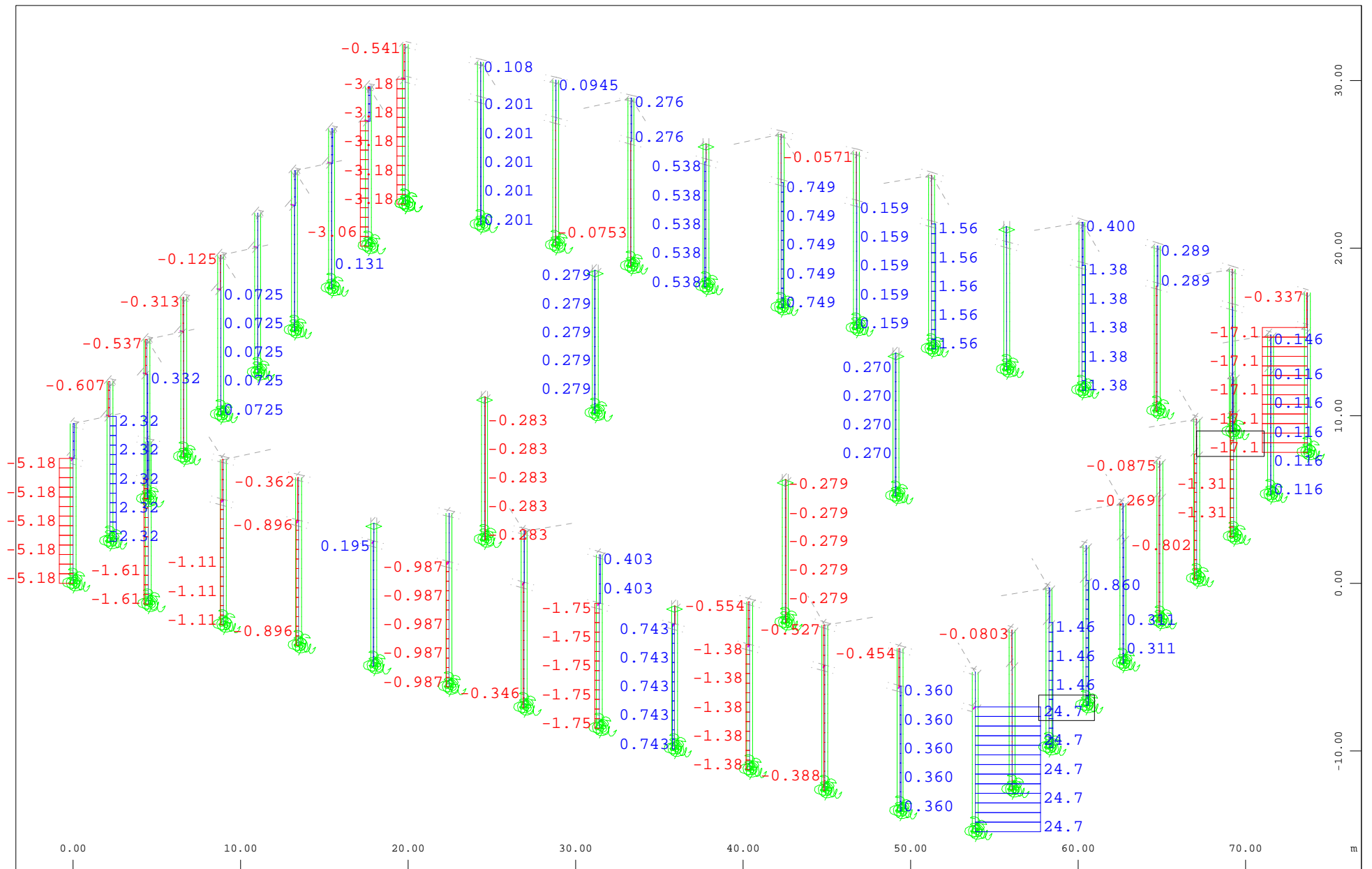
X \* 0.931

Y \* 0.669

Z \* 0.828







$\begin{matrix} Z \\ \swarrow \\ Y \\ \searrow \\ X \end{matrix}$

Sector of system Group 0...6

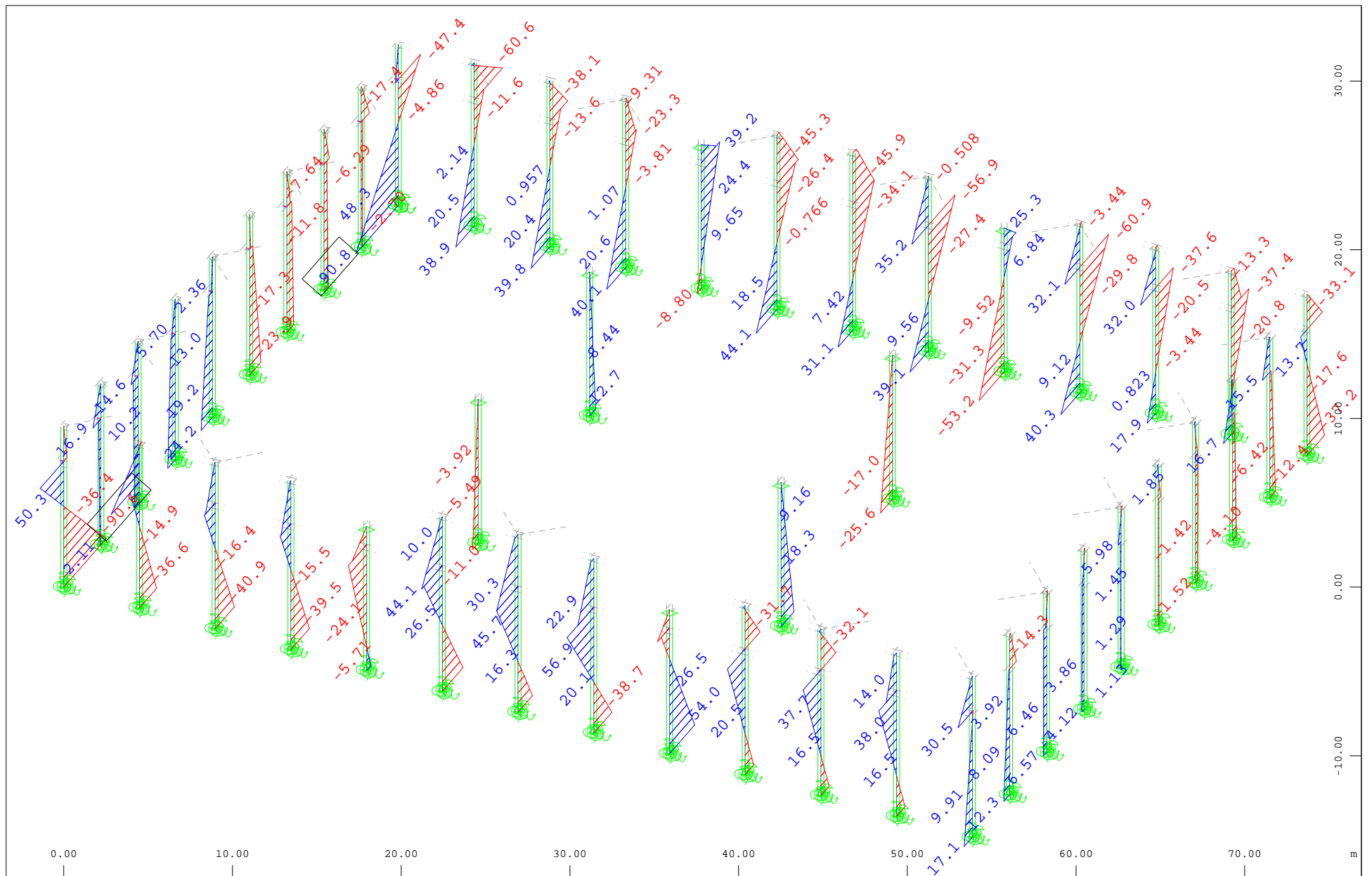
Beam Elements , Torsional moment Mt, Loadcase 109123 MAX-VY BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 20.0 kNm (Min=-17.1) (Max=24.7)

M 1 : 315

X \* 0.931

Y \* 0.669

Z \* 0.828



$\begin{matrix} z \\ y \\ x \end{matrix}$

Sector of system Group 0...6

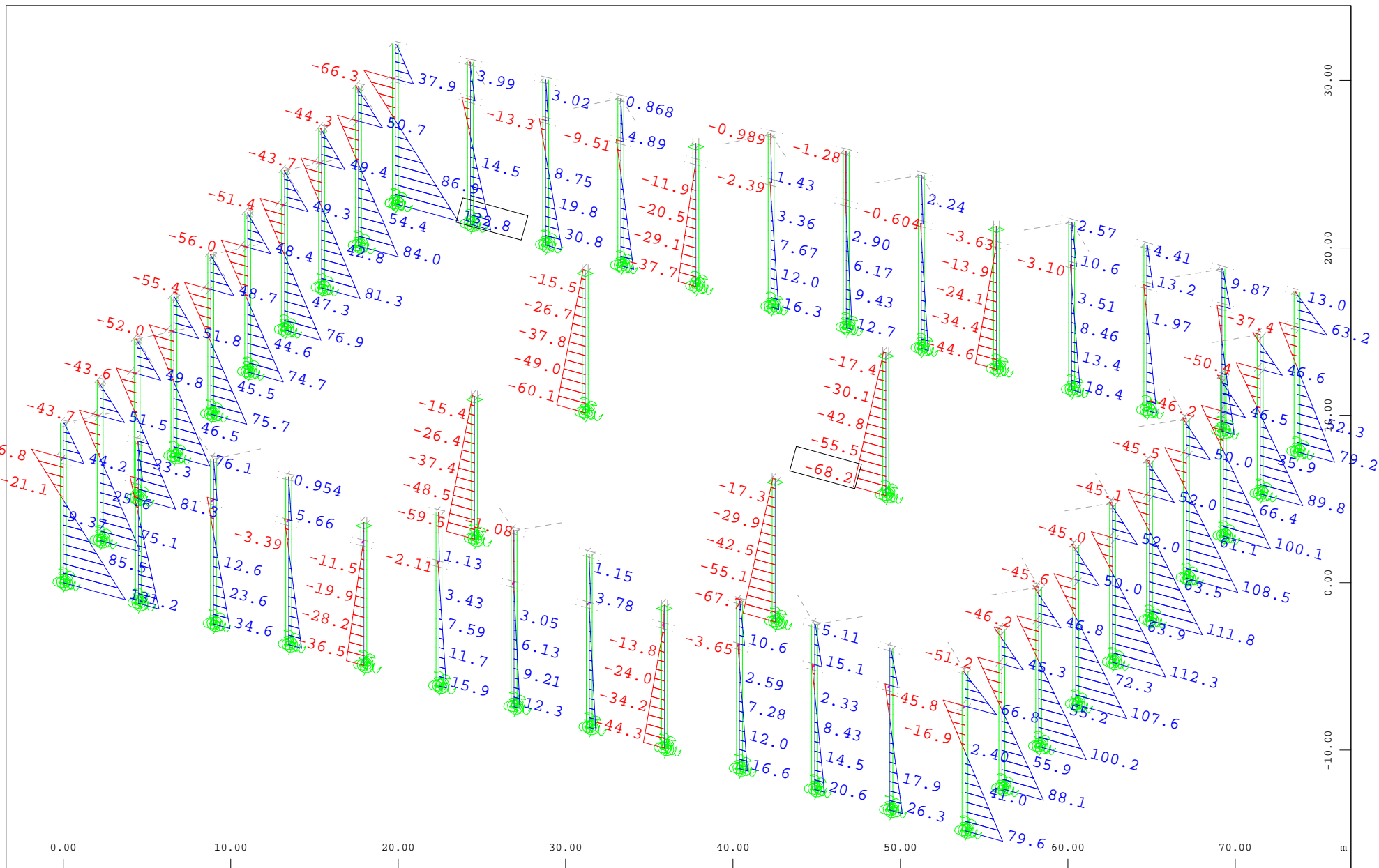
Beam Elements , Bending moment  $M_y$ , Loadcase 109123 MAX-VY BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 50.0 kNm (Min=-90.6) (Max=90.8)

M 1 : 315

X \* 0.931

Y \* 0.669

Z \* 0.828



$\begin{matrix} z \\ y \\ x \end{matrix}$

Sector of system Group 0...6

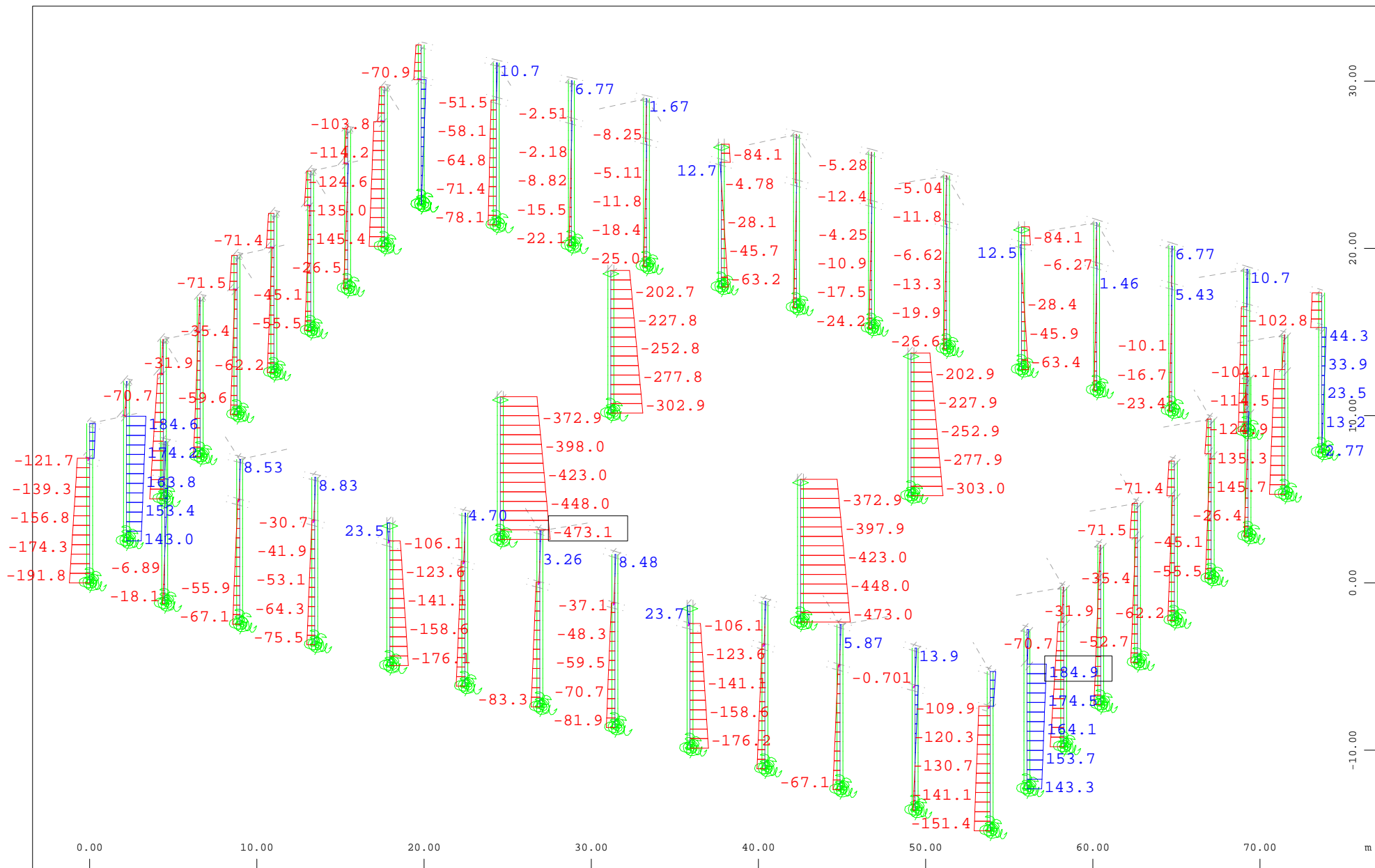
Beam Elements , Bending moment  $M_z$ , Loadcase 109123 MAX-VY BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 100.0 kNm (Min=-68.2) (Max=132.8)

M 1 : 315

X \* 0.931

Y \* 0.669

Z \* 0.828



$\begin{matrix} Z \\ Y \\ X \end{matrix}$

Sector of system Group 0...6

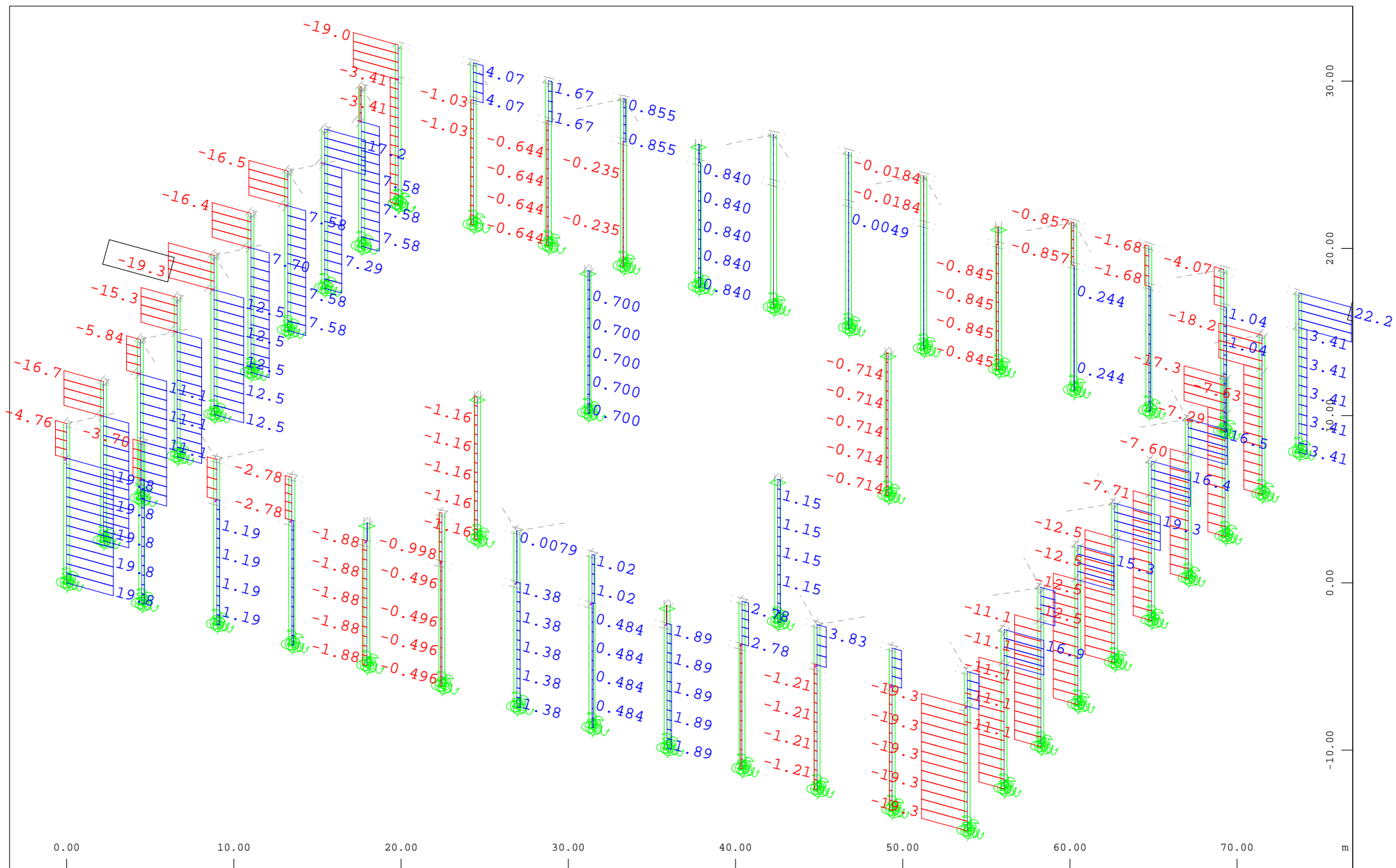
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 109125 MAX-VZ BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 500.0 kN (Min=-473.1) (Max=184.9)

M 1 : 315

X \* 0.931

Y \* 0.669

Z \* 0.828



$\begin{matrix} Z \\ Y \\ X \end{matrix}$

Sector of system Group 0...6

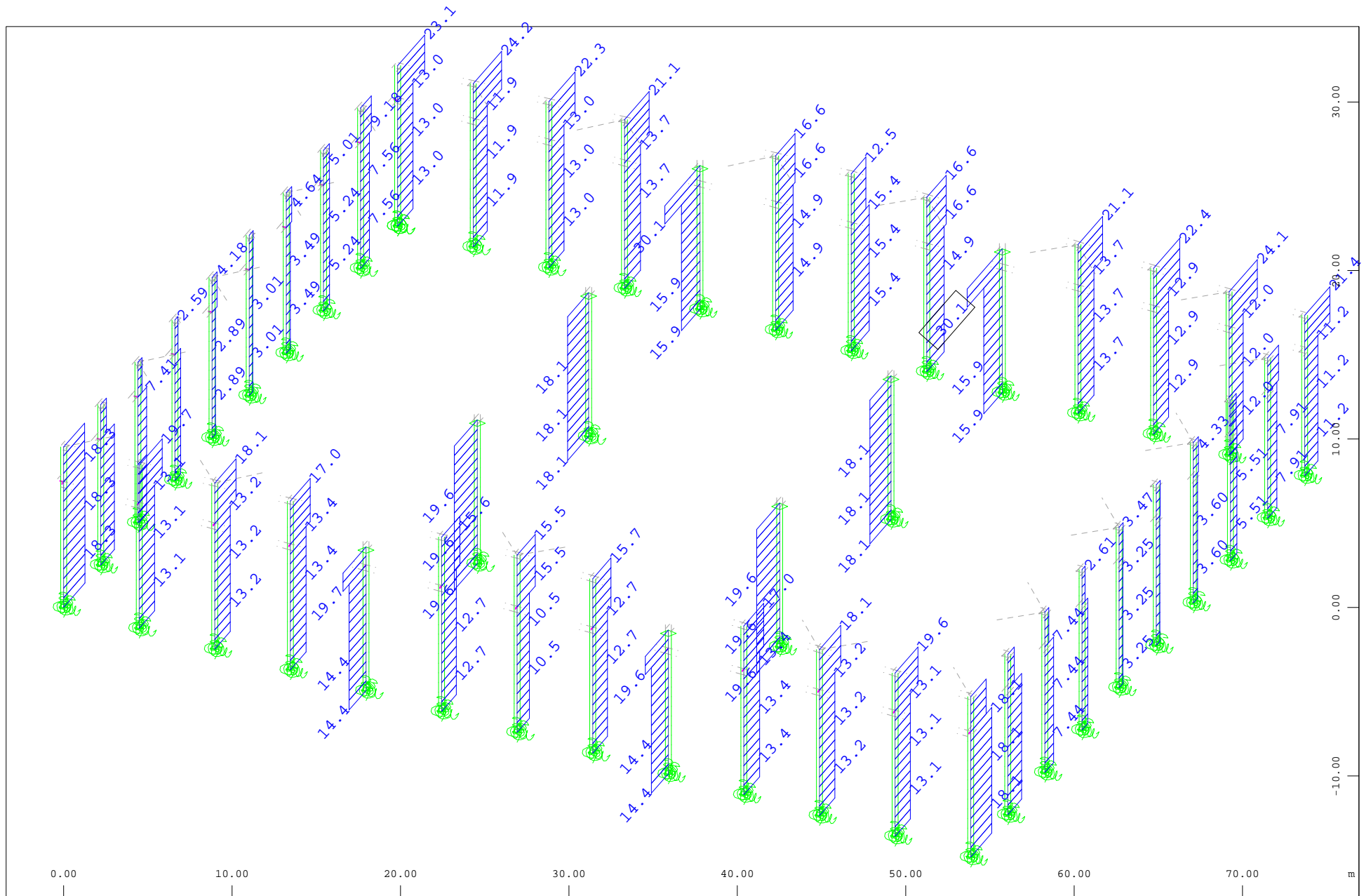
Beam Elements , Shear force Vy, Loadcase 109125 MAX-VZ BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 20.0 kN (Min=-19.3) (Max=22.2)

M 1 : 315

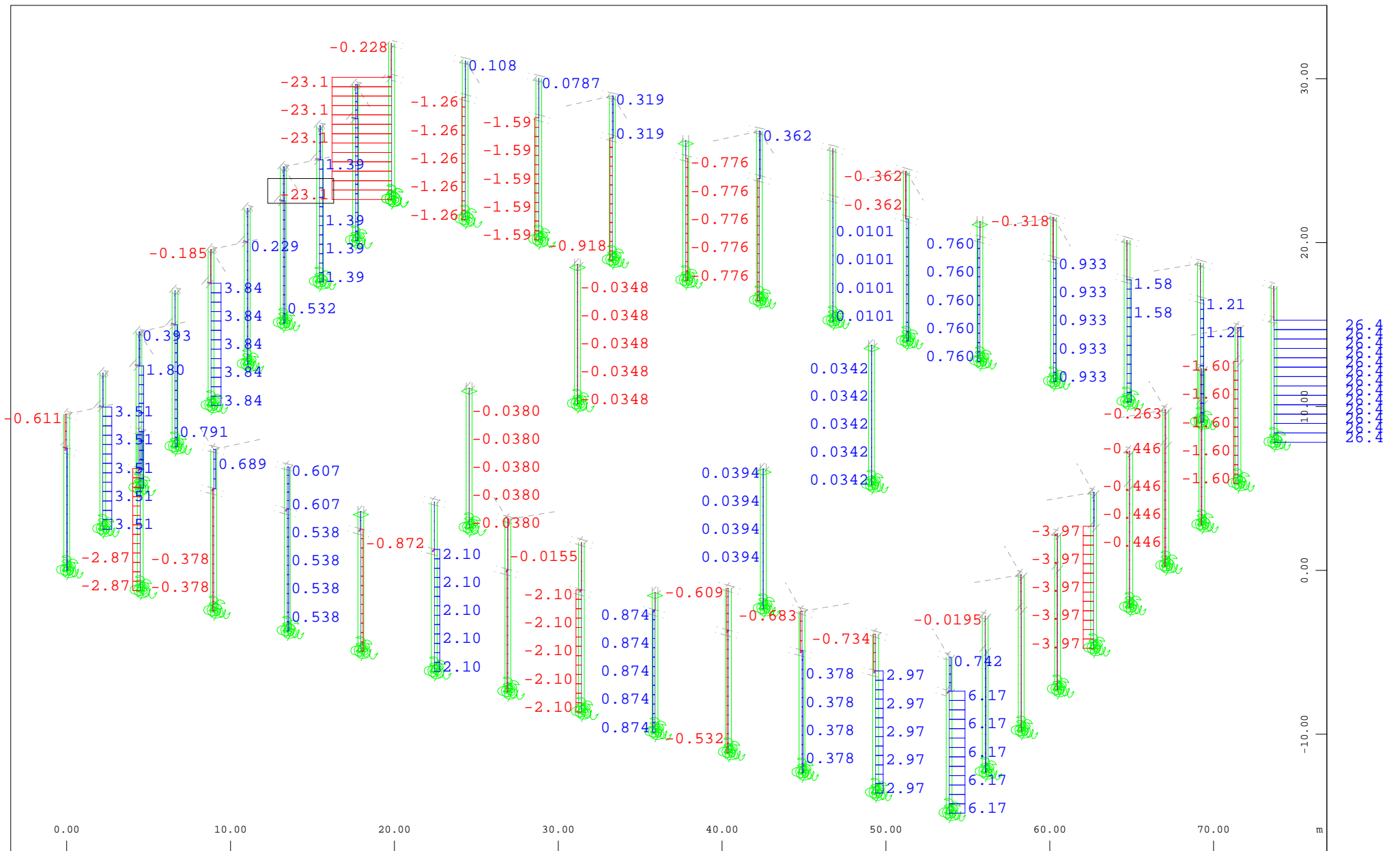
X \* 0.931

Y \* 0.669

Z \* 0.828







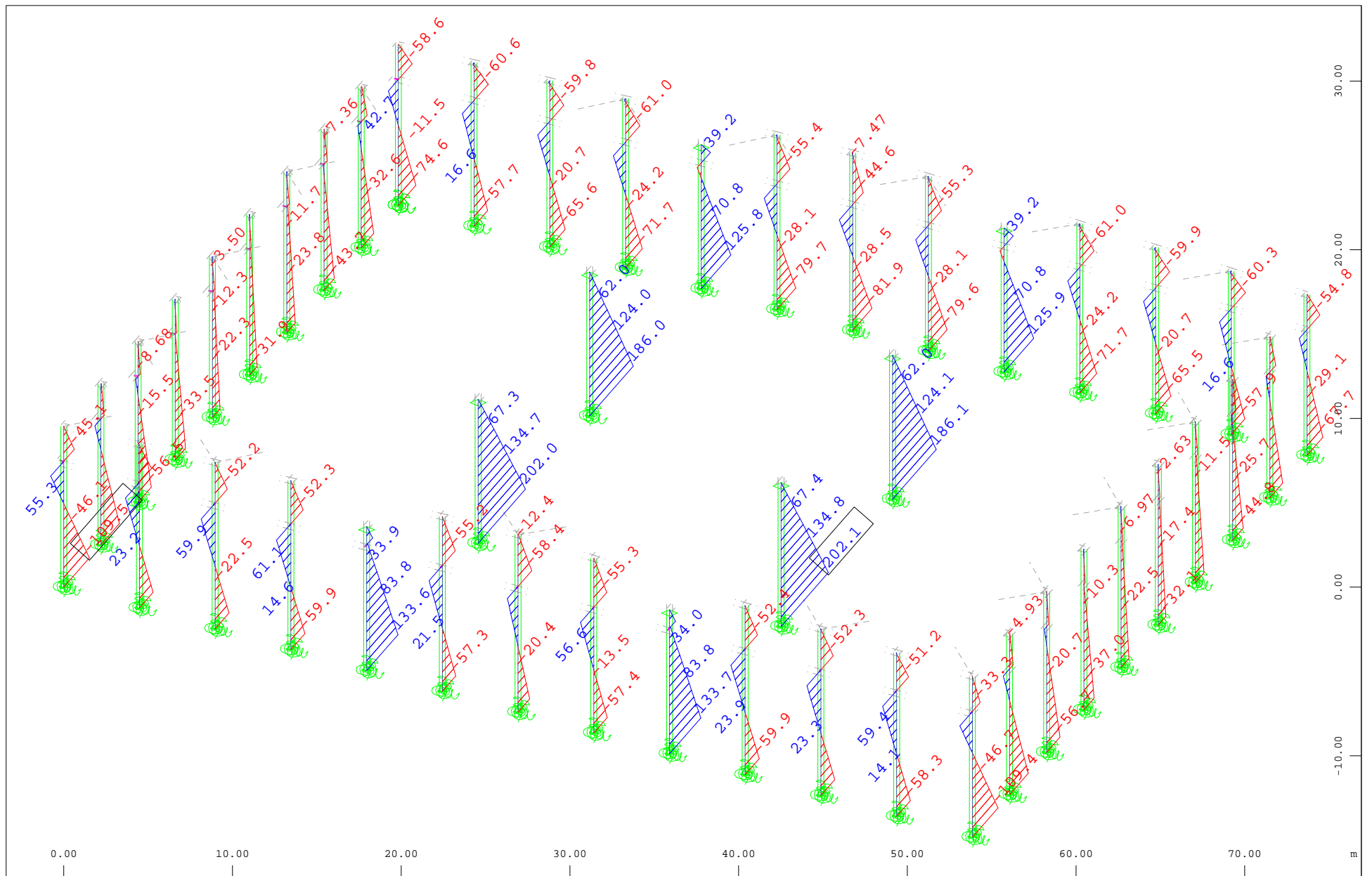
$\begin{matrix} Z \\ \swarrow \\ Y \\ \nwarrow \\ X \end{matrix}$

Sector of system Group 0...6

Beam Elements , Torsional moment  $M_t$ , Loadcase 109125 MAX-VZ BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 20.0 kNm (Min=-23.1) (Max=26.4)

M 1 : 315

X \* 0.931  
 Y \* 0.669  
 Z \* 0.828



$\begin{matrix} z \\ y \\ x \end{matrix}$

Sector of system Group 0...6

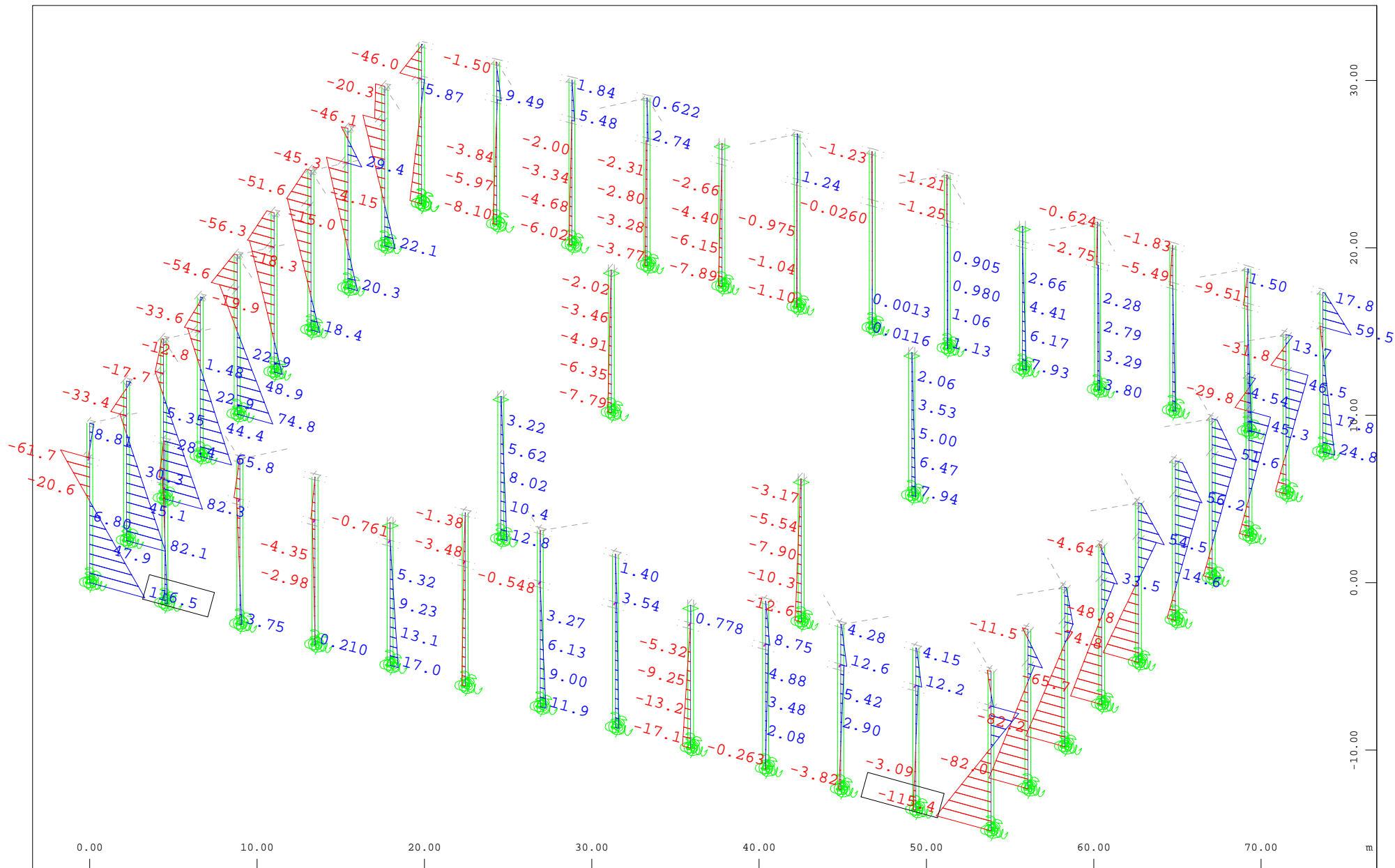
Beam Elements , Bending moment  $M_y$ , Loadcase 109125 MAX-VZ BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 100.0 kNm (Min=-109.5) (Max=202.1)

M 1 : 315

X \* 0.931

Y \* 0.669

Z \* 0.828



$\begin{matrix} Z \\ \swarrow \\ Y \\ \searrow \\ X \end{matrix}$

Sector of system Group 0...6

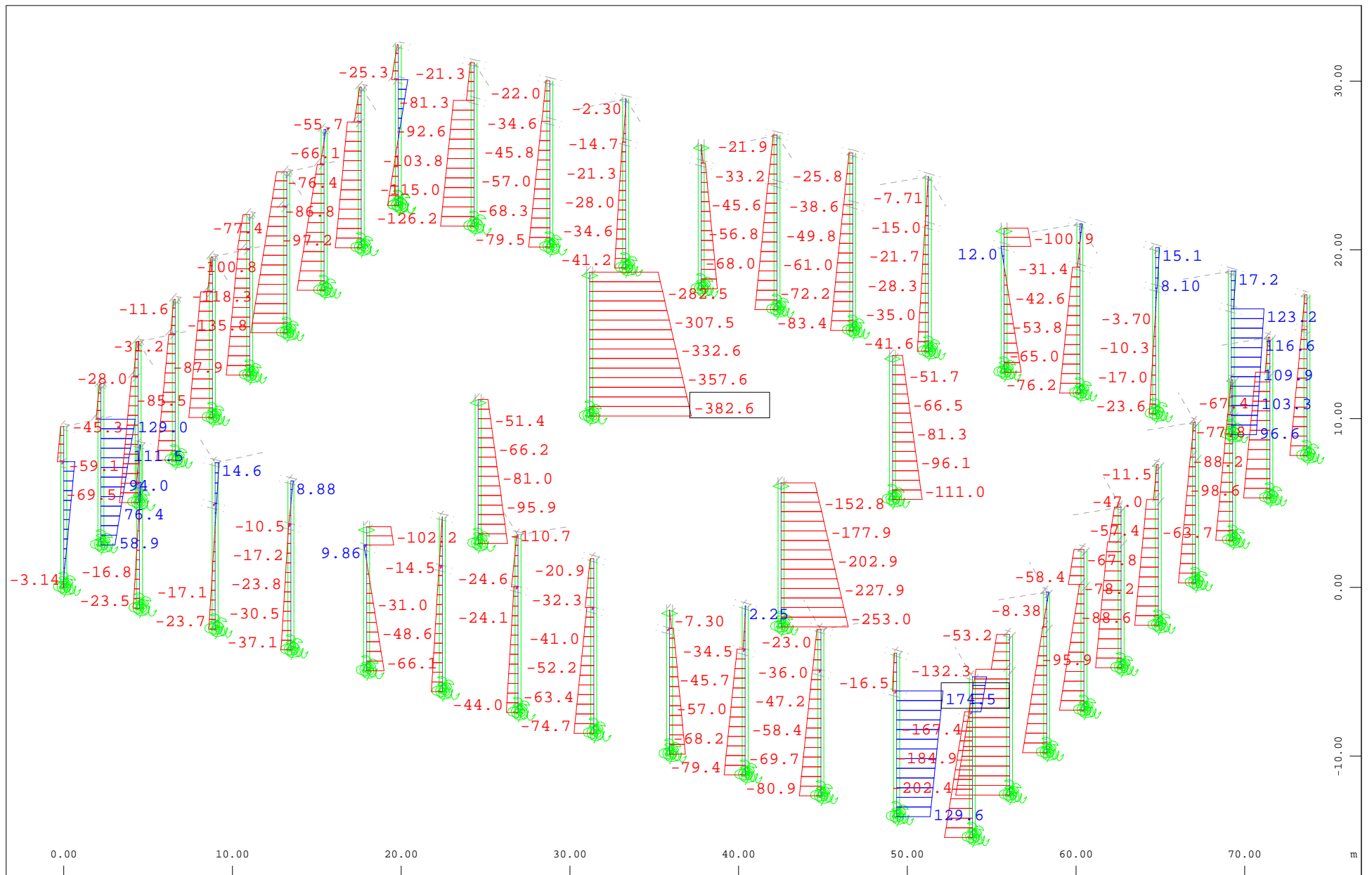
Beam Elements , Bending moment Mz, Loadcase 109125 MAX-VZ BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 100.0 kNm (Min=-115.4) (Max=116.5)

M 1 : 315

X \* 0.931

Y \* 0.669

Z \* 0.828



$\begin{matrix} Z \\ Y \\ X \end{matrix}$

Sector of system Group 0...6

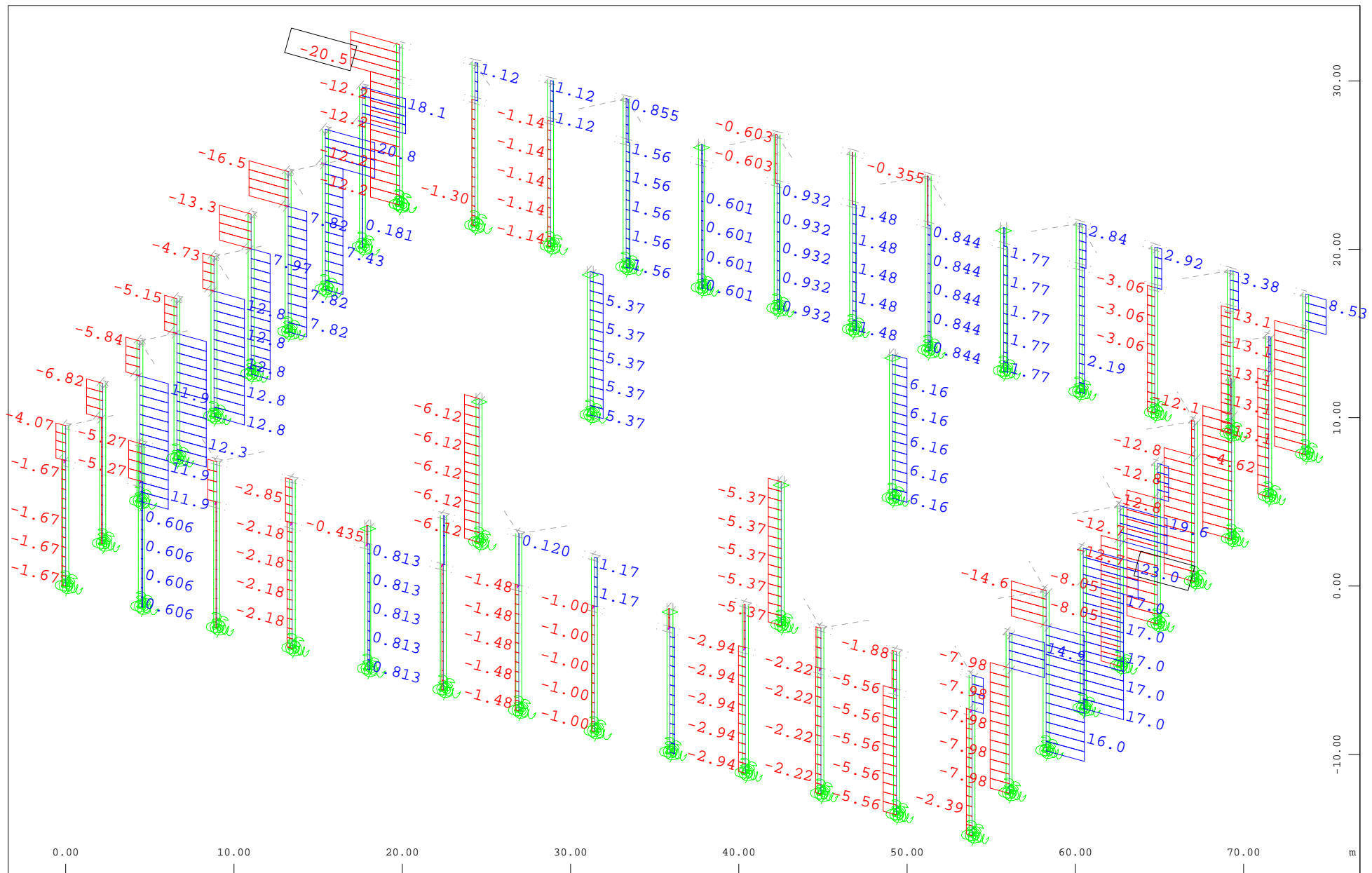
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 109127 MAX-MT BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 200.0 kN (Min=-382.6) (Max=174.5)

M 1 : 315

X \* 0.931

Y \* 0.669

Z \* 0.828



$\begin{matrix} Z \\ \swarrow \\ Y \\ \searrow \\ X \end{matrix}$

Sector of system Group 0...6

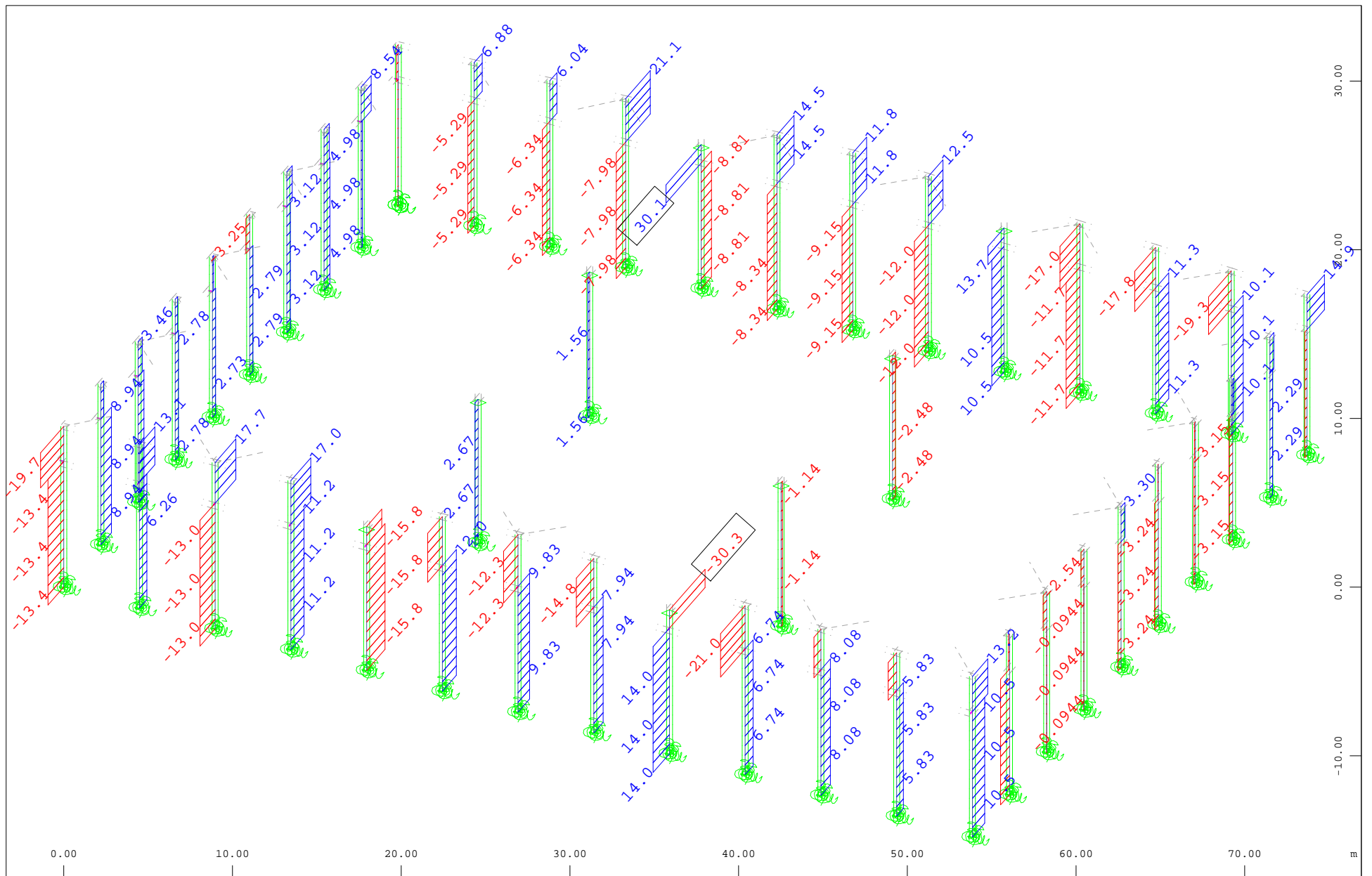
Beam Elements , Shear force Vy, Loadcase 109127 MAX-MT BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 20.0 kN (Min=-20.5) (Max=23.0)

M 1 : 315

X \* 0.931

Y \* 0.669

Z \* 0.828



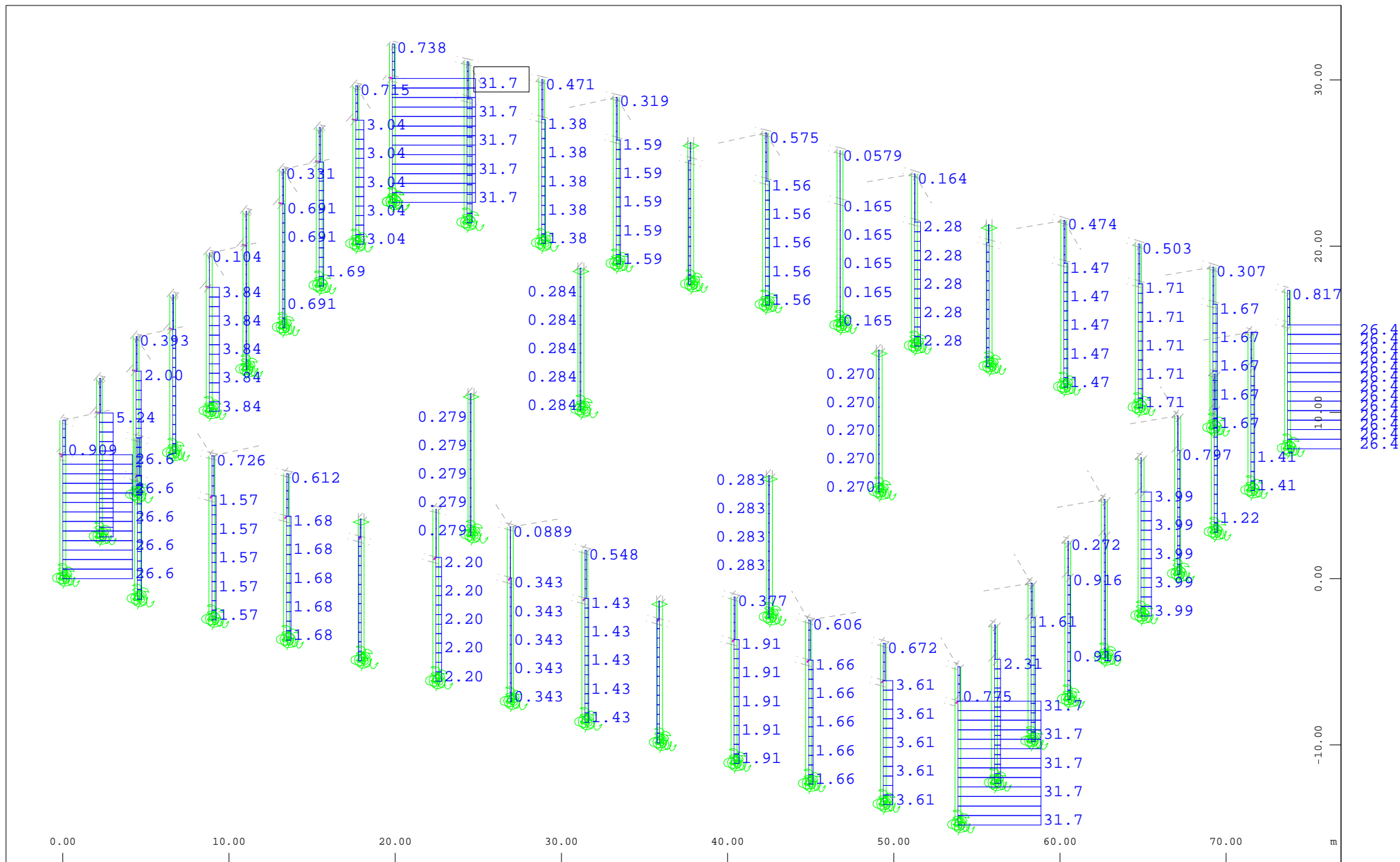
$\begin{matrix} Z \\ \swarrow \\ Y \\ \searrow \\ X \end{matrix}$

Sector of system Group 0...6

Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 109127 MAX-MT BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 20.0 kN (Min=-30.3) (Max=30.1)

M 1 : 315

X \* 0.931  
 Y \* 0.669  
 Z \* 0.828



$\begin{matrix} Z \\ Y \\ X \end{matrix}$

Sector of system Group 0...6

Beam Elements , Torsional moment Mt, Loadcase 109127 MAX-MT BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 20.0 kNm (Max=31.7)

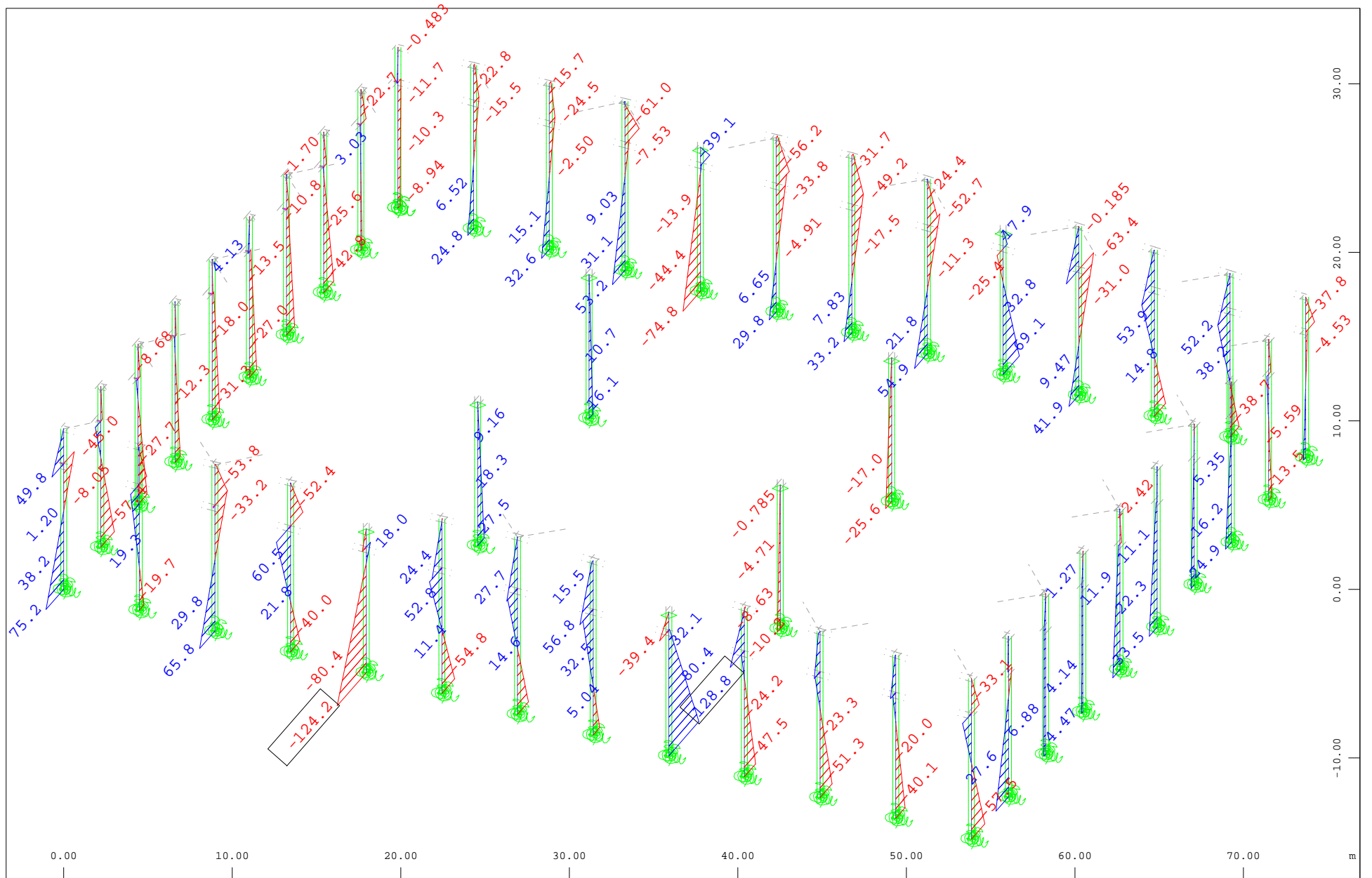
M 1 : 315

X \* 0.931

Y \* 0.669

Z \* 0.828





Z  
Y  
X

Sector of system Group 0...6

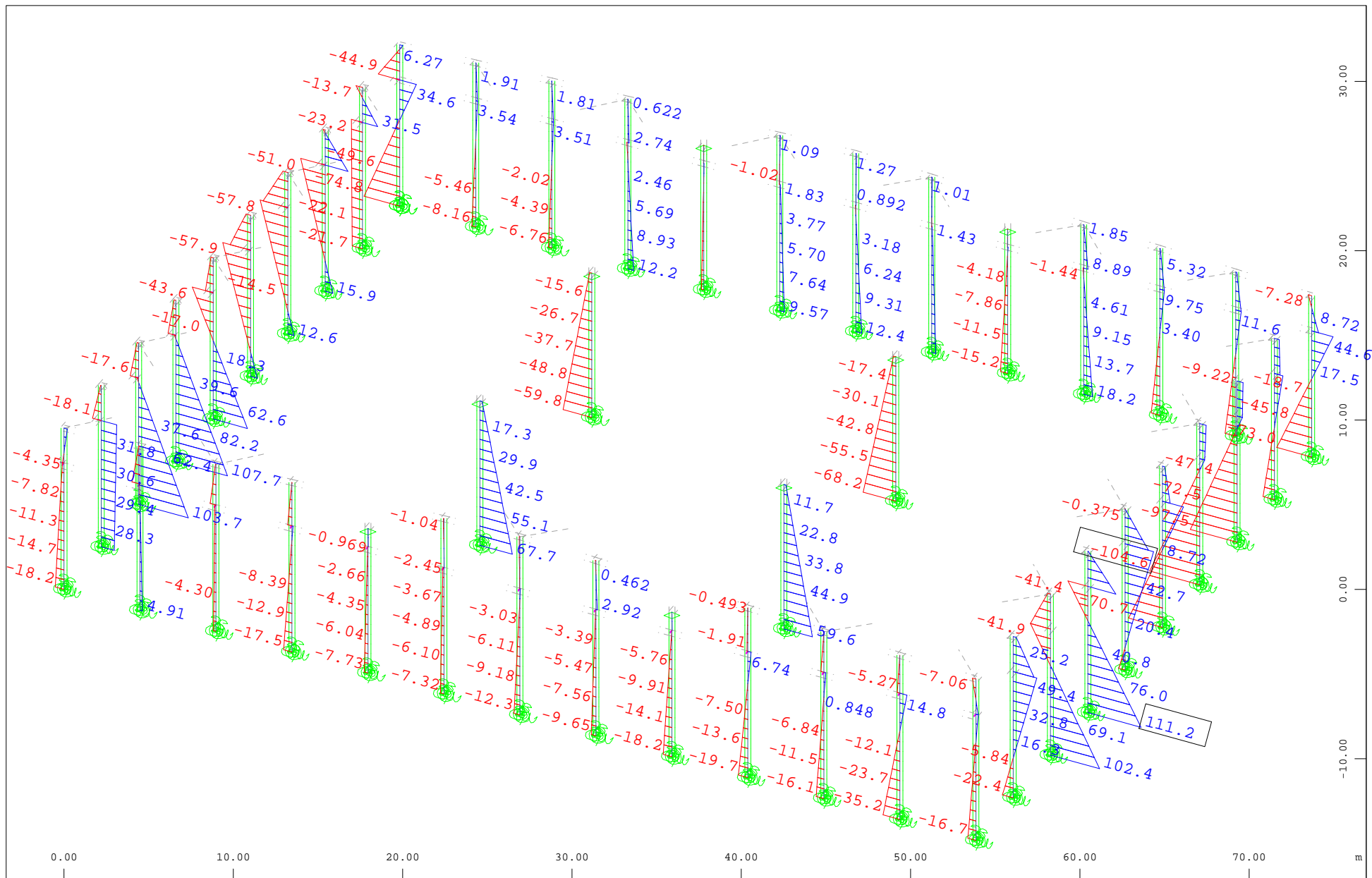
Beam Elements , Bending moment  $M_y$ , Loadcase 109127 MAX-MT BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 100.0 kNm (Min=-124.2) (Max=128.8)

M 1 : 315

X \* 0.931

Y \* 0.669

Z \* 0.828



$\begin{matrix} Z \\ Y \\ X \end{matrix}$

Sector of system Group 0...6

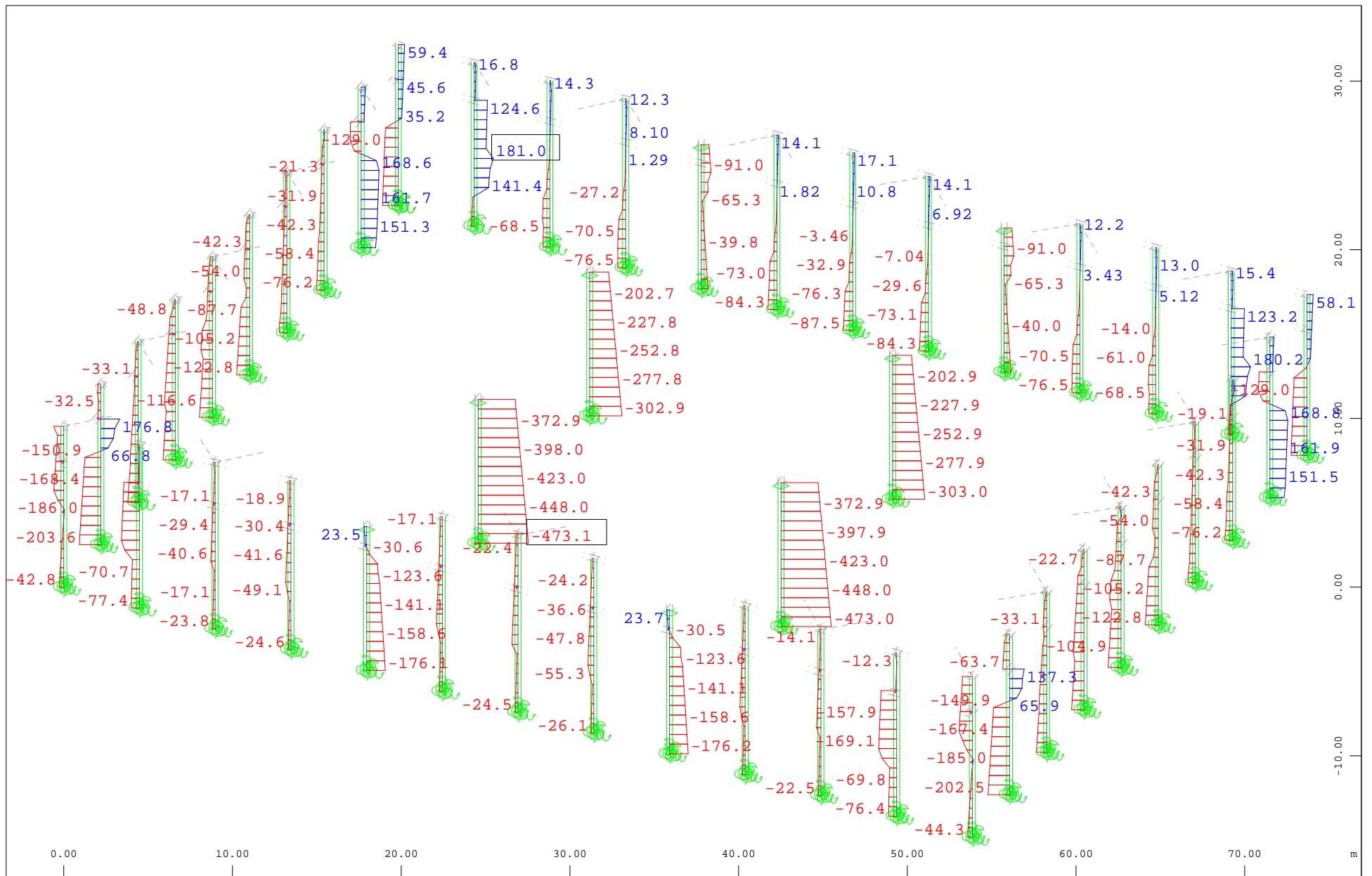
Beam Elements , Bending moment  $M_z$ , Loadcase 109127 MAX-MT BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 100.0 kNm (Min=-104.6) (Max=111.2)

M 1 : 315

X \* 0.931

Y \* 0.669

Z \* 0.828



$\begin{matrix} Z \\ Y \\ X \end{matrix}$

Sector of system Group 0...6

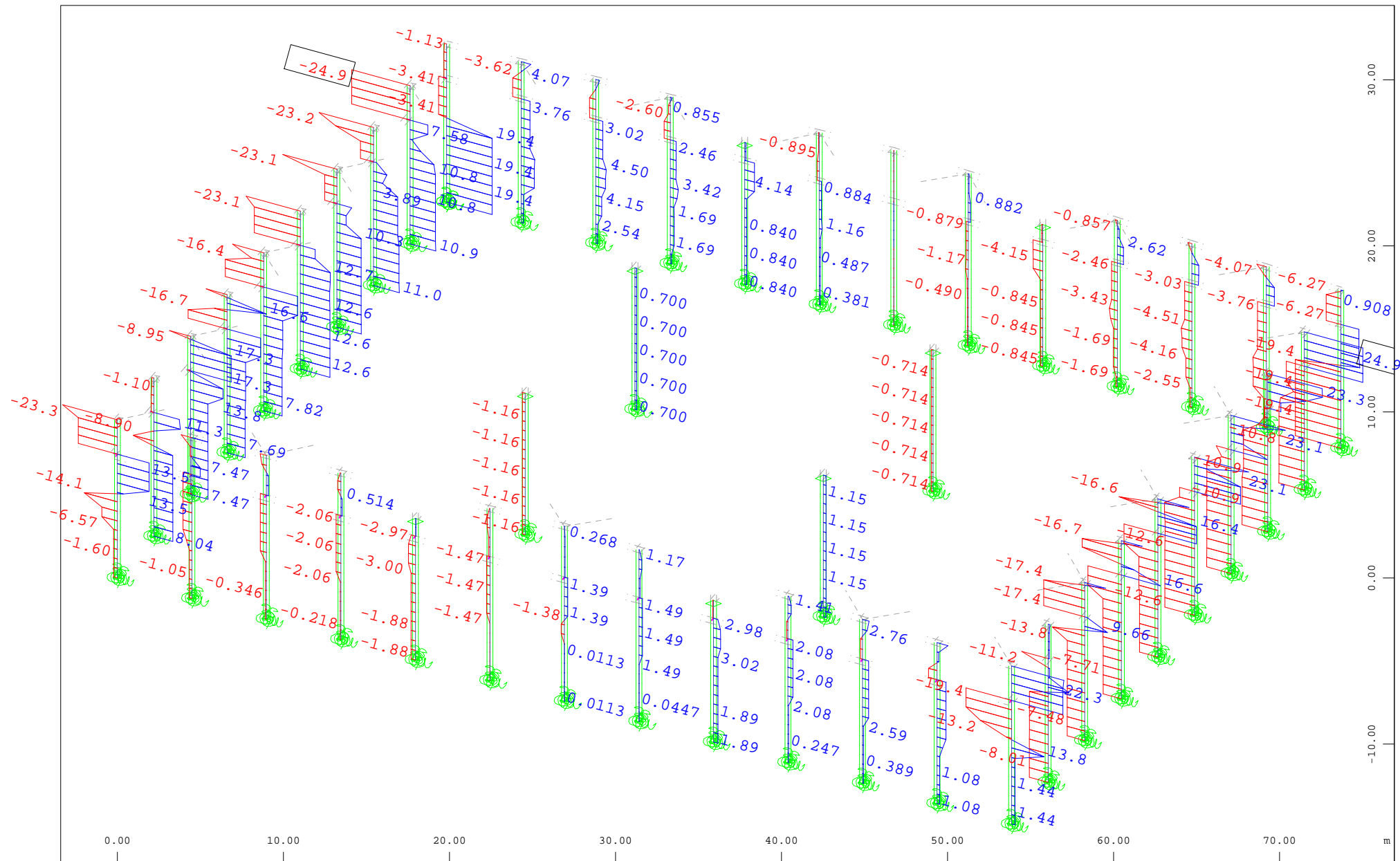
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 109129 MAX-MY BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 500.0 kN (Min=-473.1) (Max=181.0)

M 1 : 315

X \* 0.931

Y \* 0.669

Z \* 0.828



$\begin{matrix} z \\ y \\ x \end{matrix}$

Sector of system Group 0...6

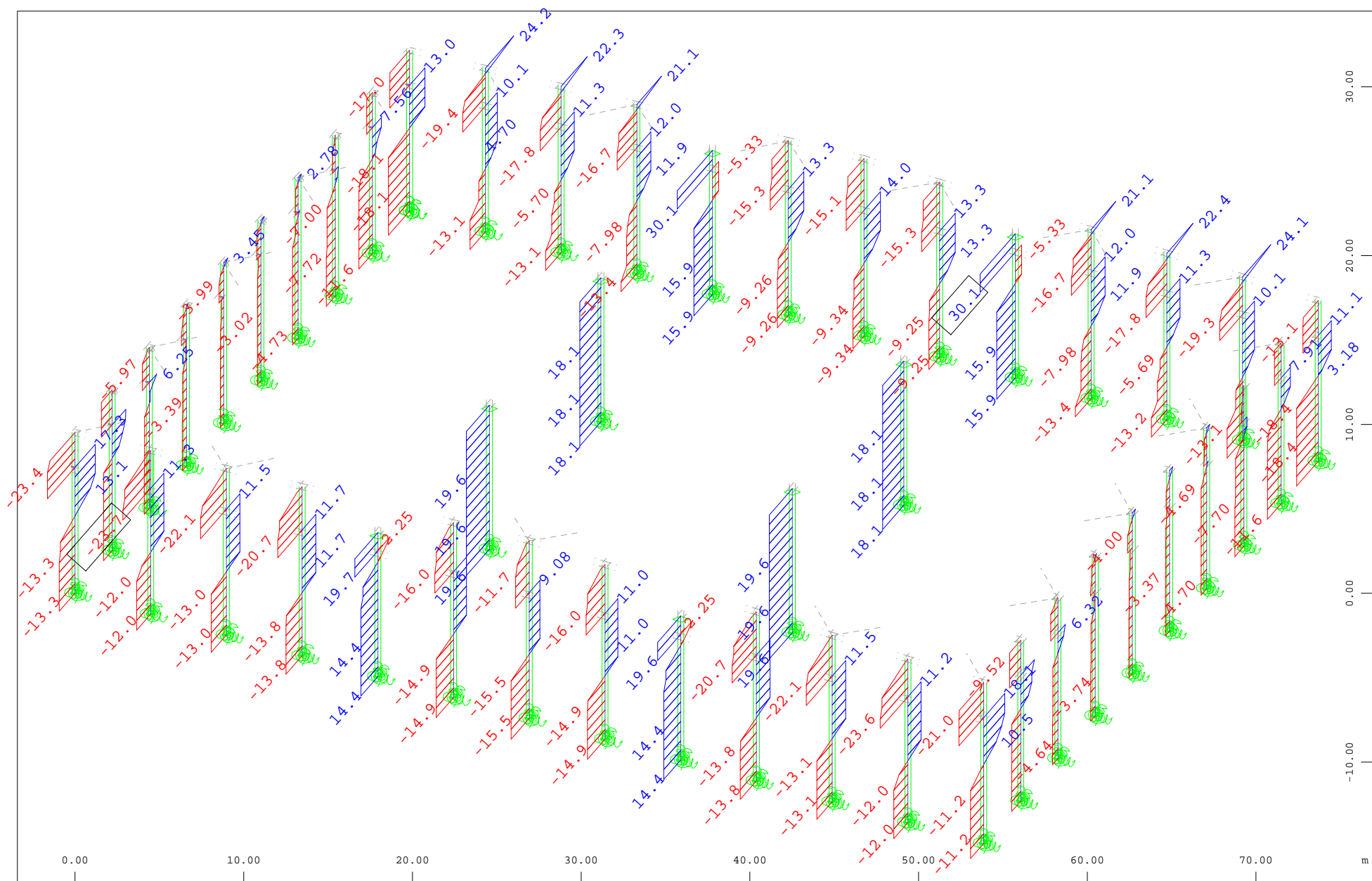
Beam Elements , Shear force Vy, Loadcase 109129 MAX-MY BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 20.0 kN (Min=-24.9) (Max=24.9)

M 1 : 315

X \* 0.931

Y \* 0.669

Z \* 0.828



$\begin{matrix} Z \\ Y \\ X \end{matrix}$

Sector of system Group 0...6

Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 109129 MAX-MY BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 20.0 kN (Min=-23.7) (Max=30.1)

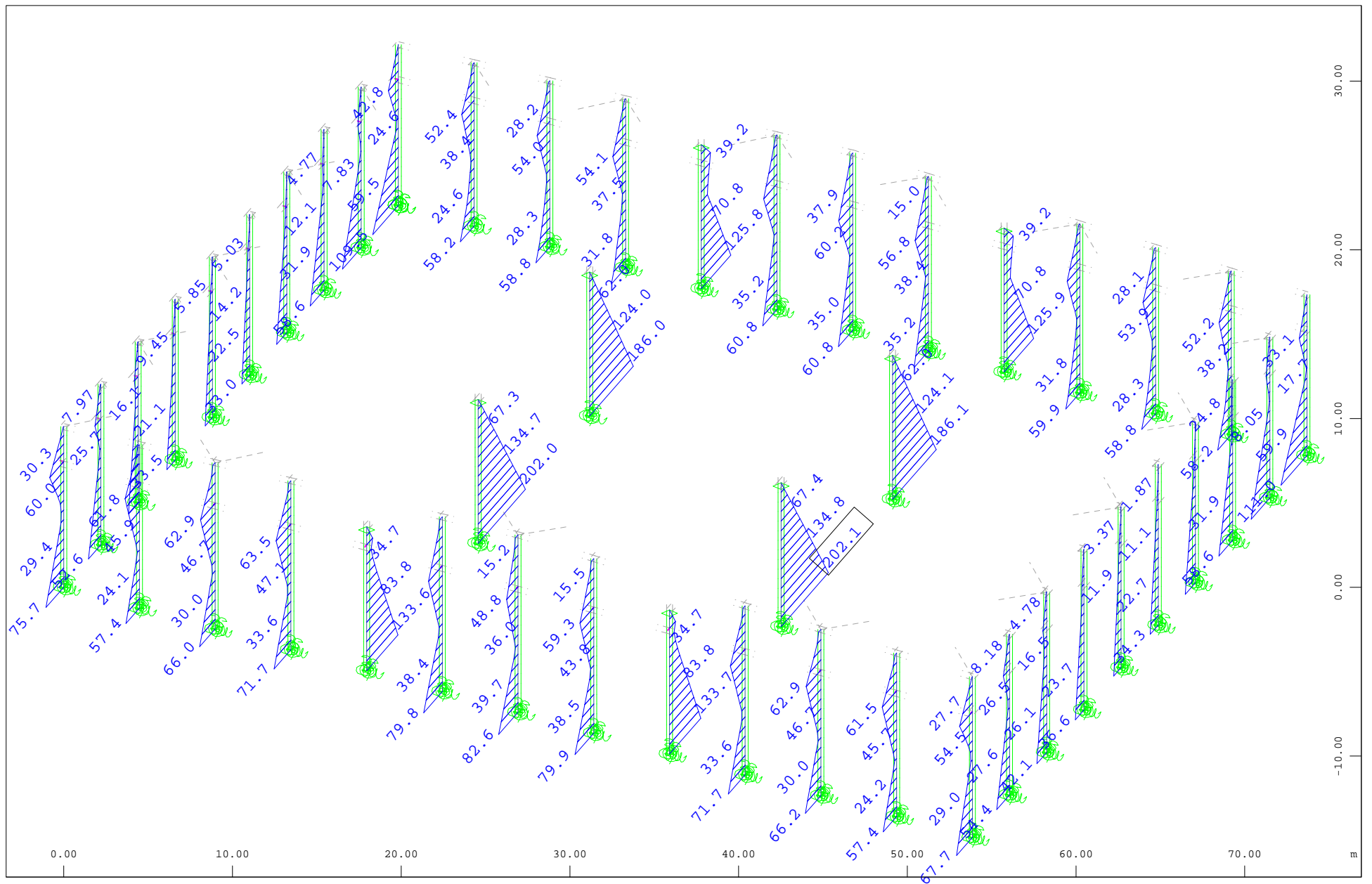
M 1 : 315

X \* 0.931

Y \* 0.669

Z \* 0.828





z  
y  
x

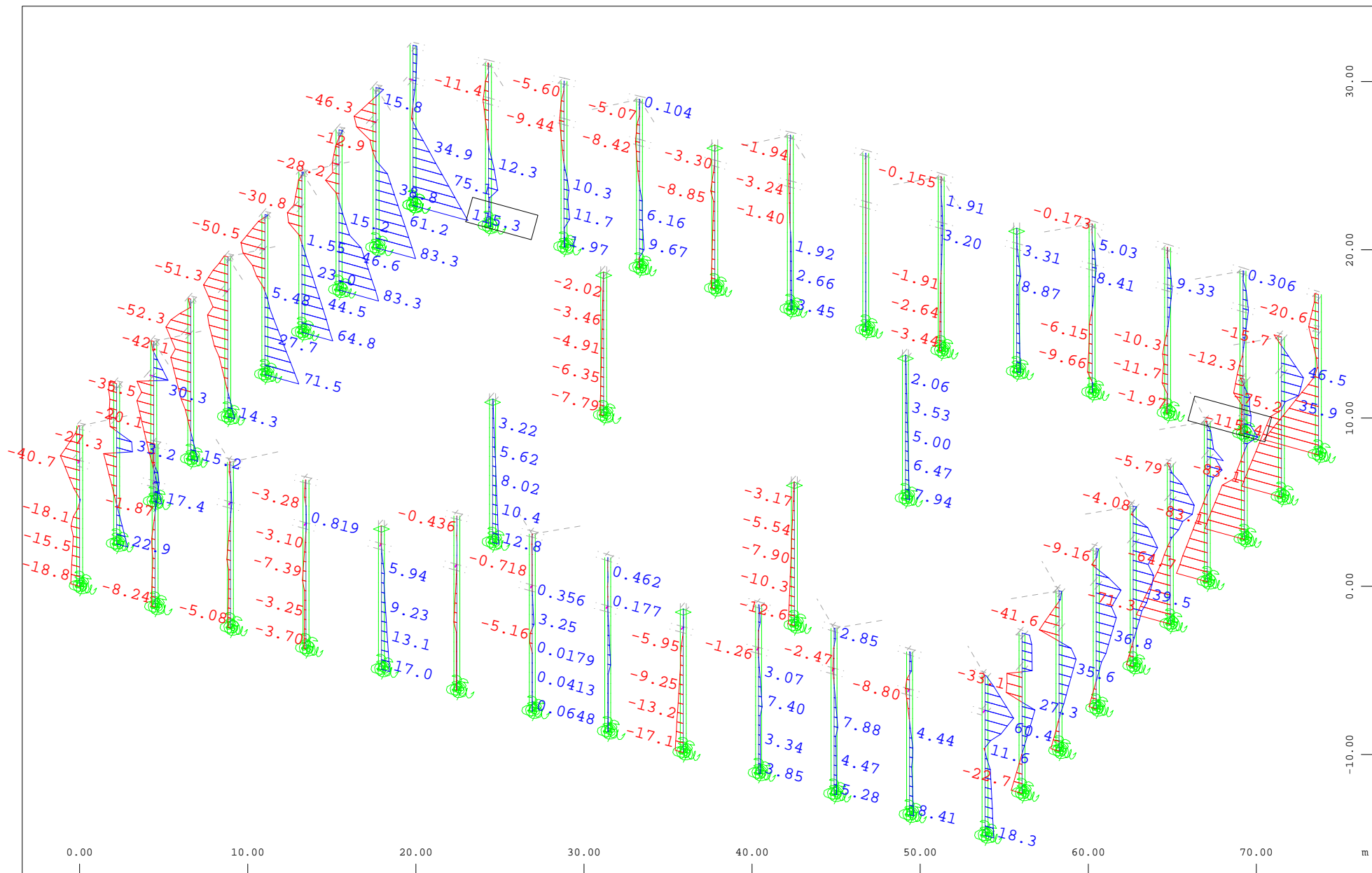
Sector of system Group 0...6

Beam Elements , Bending moment  $M_y$ , Loadcase 109129 MAX-MY BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 100.0 kNm (Max=202.1)

M 1 : 315

X \* 0.931  
Y \* 0.669  
Z \* 0.828





$\begin{matrix} Z \\ Y \\ X \end{matrix}$

Sector of system Group 0...6

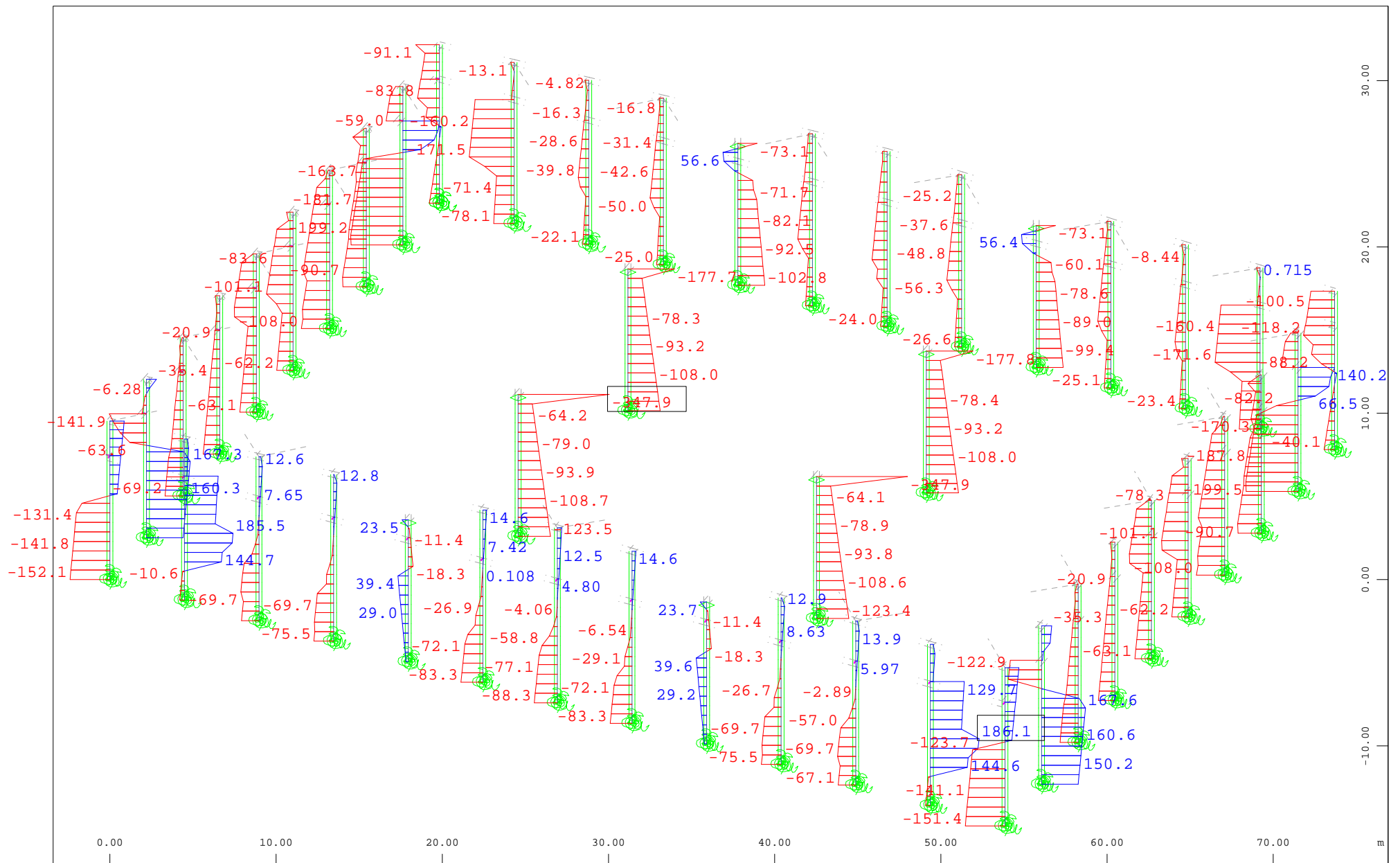
Beam Elements , Bending moment Mz, Loadcase 109129 MAX-MY BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 100.0 kNm (Min=-115.4) (Max=115.3)

M 1 : 315

X \* 0.931

Y \* 0.669

Z \* 0.828



$\begin{matrix} Z \\ \swarrow \\ Y \\ \searrow \\ X \end{matrix}$

Sector of system Group 0...6

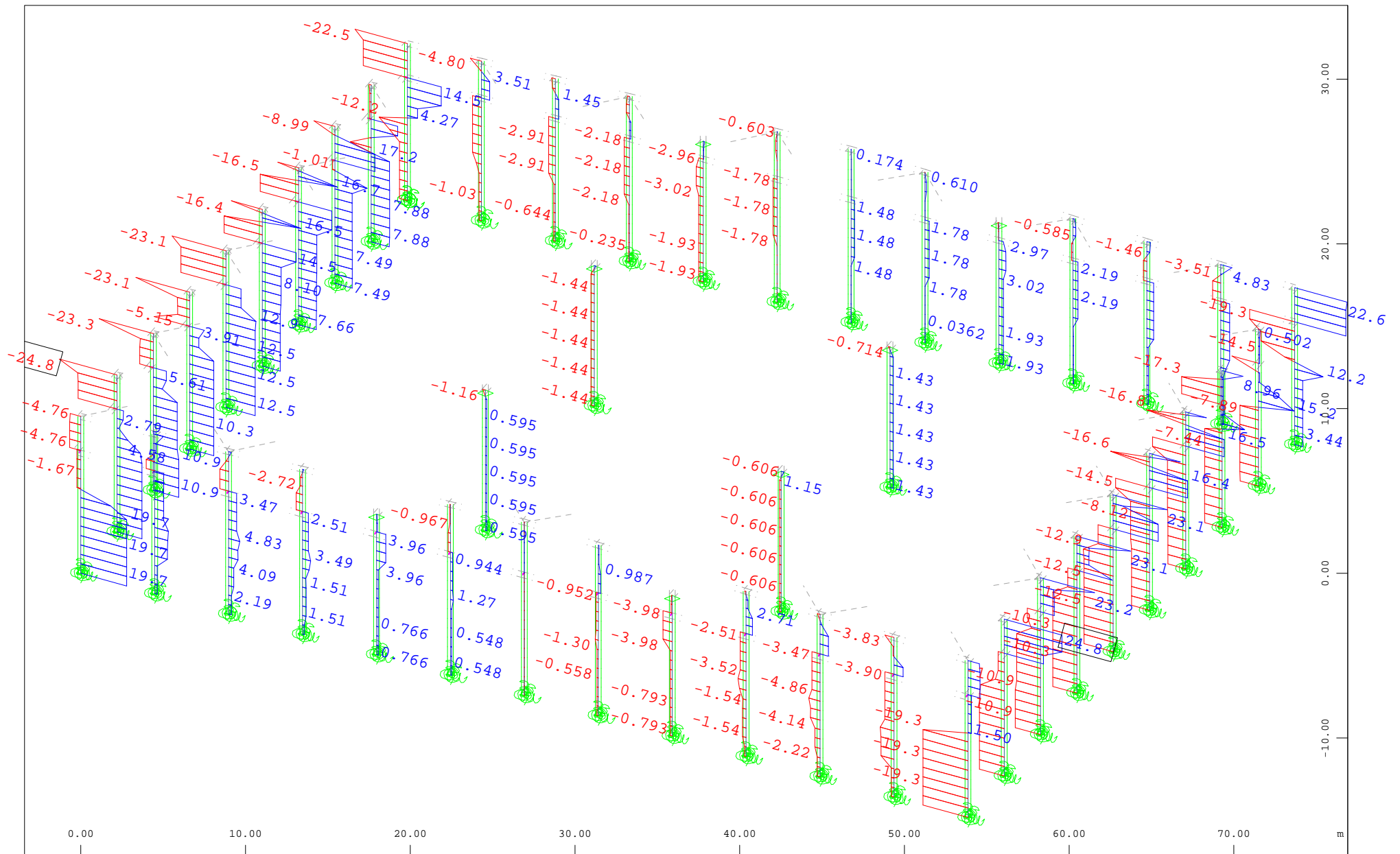
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 109130 MIN-MY BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 200.0 kN (Min=-347.9) (Max=186.1)

M 1 : 315

X \* 0.931

Y \* 0.669

Z \* 0.828



$\begin{matrix} Z \\ Y \\ X \end{matrix}$

Sector of system Group 0...6

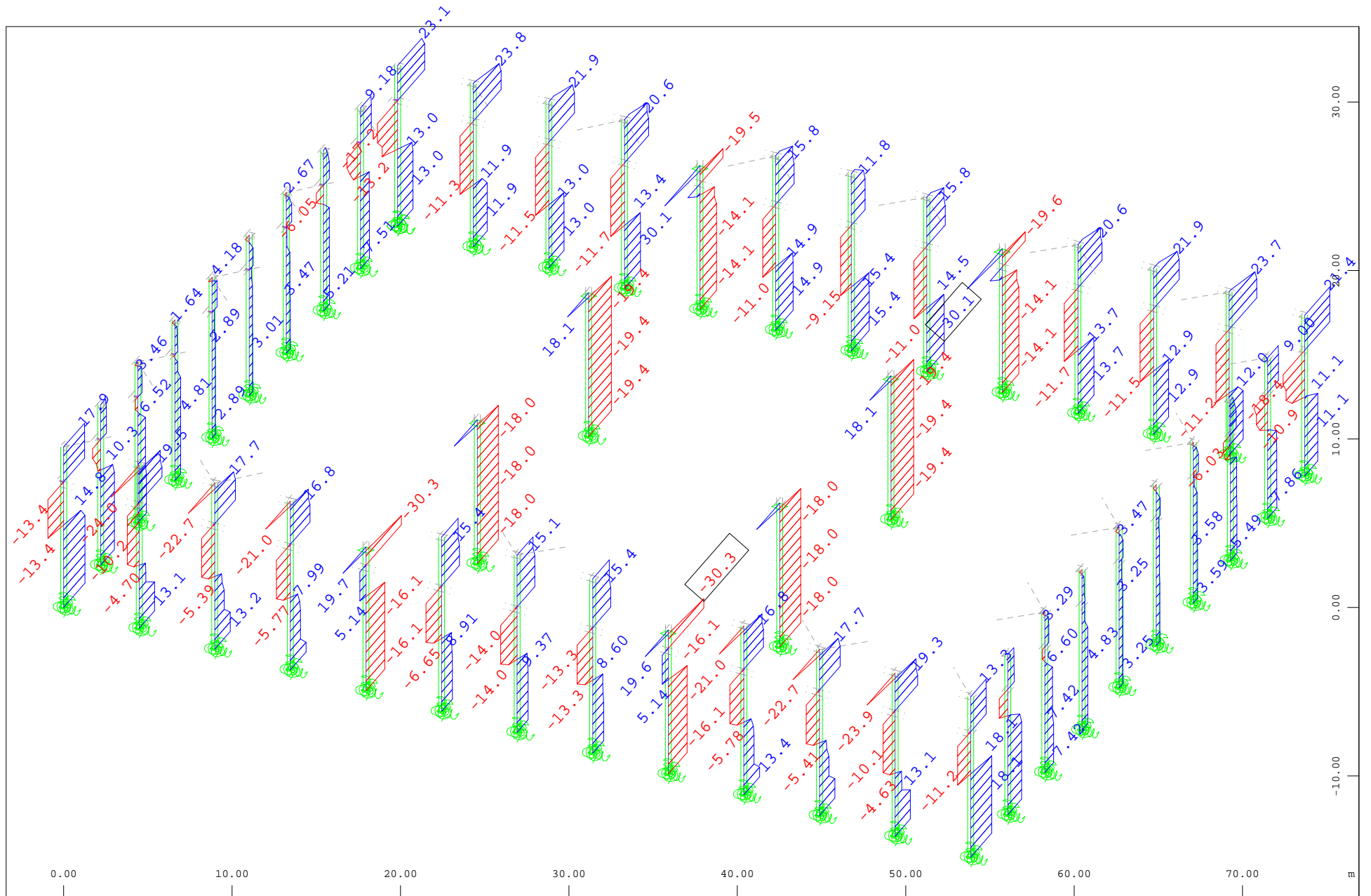
Beam Elements , Shear force Vy, Loadcase 109130 MIN-MY BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 20.0 kN (Min=-24.8) (Max=24.8)

M 1 : 315

X \* 0.931

Y \* 0.669

Z \* 0.828



$\begin{matrix} Z \\ Y \\ X \end{matrix}$

Sector of system Group 0...6

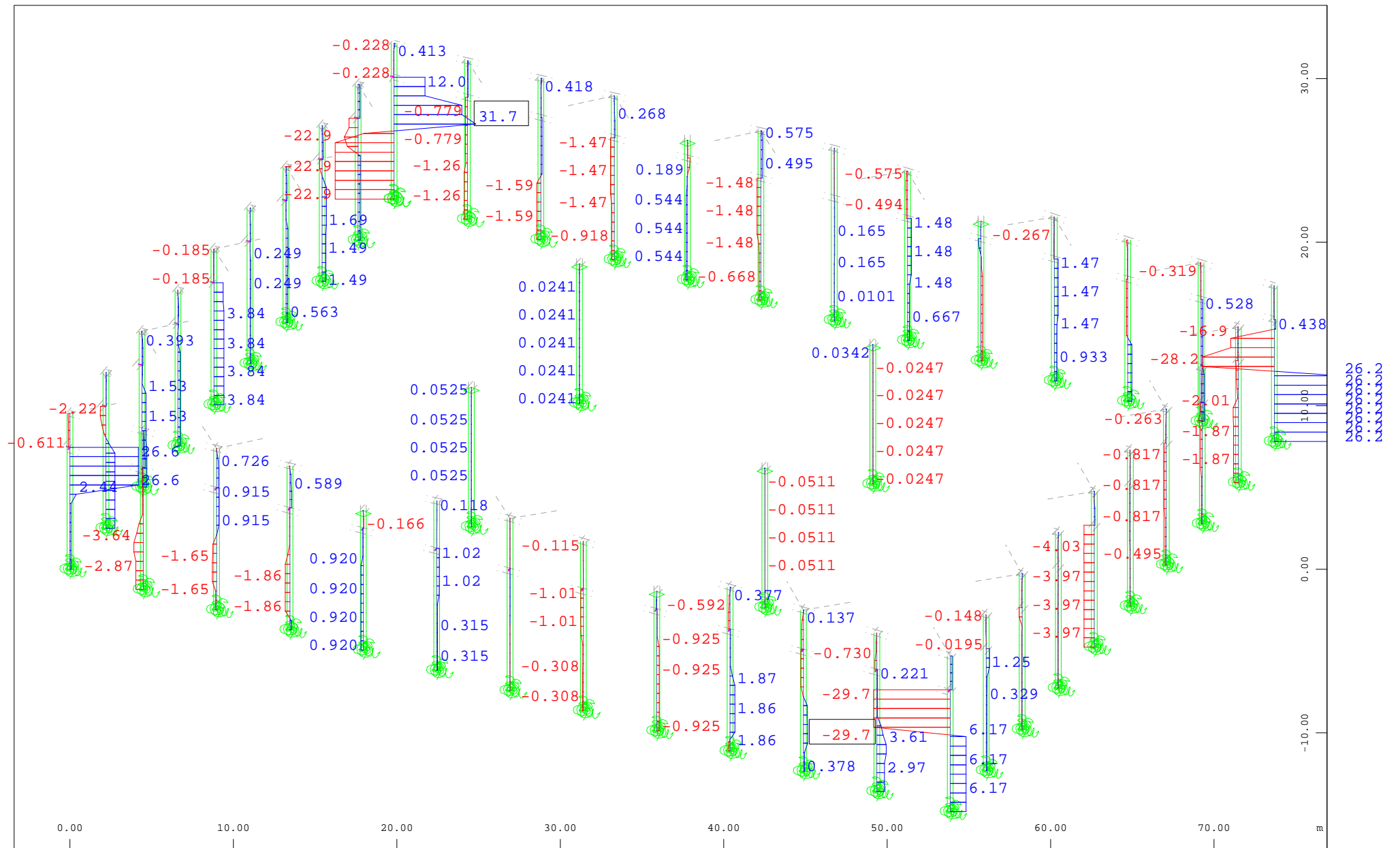
Beam Elements , Shear force  $V_z$ , Loadcase 109130 MIN-MY BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 20.0 kN (Min=-30.3) (Max=30.1)

M 1 : 315

X \* 0.931

Y \* 0.669

Z \* 0.828



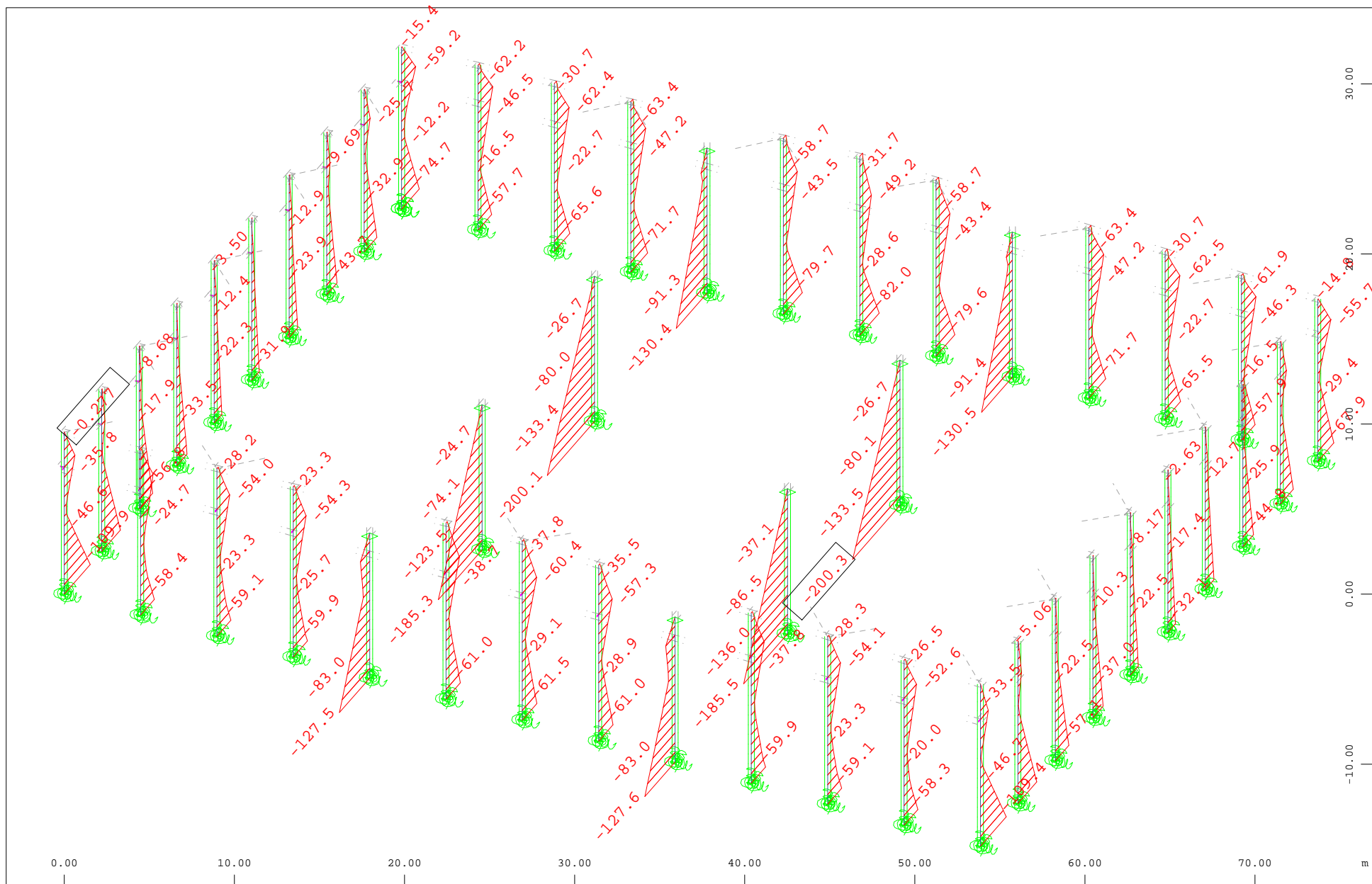
Z  
Y  
X

Sector of system Group 0...6

Beam Elements , Torsional moment Mt, Loadcase 109130 MIN-MY BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 20.0 kNm (Min=-29.7) (Max=31.7)

M 1 : 315

X \* 0.931  
Y \* 0.669  
Z \* 0.828



$\begin{matrix} Z \\ Y \\ X \end{matrix}$

Sector of system Group 0...6

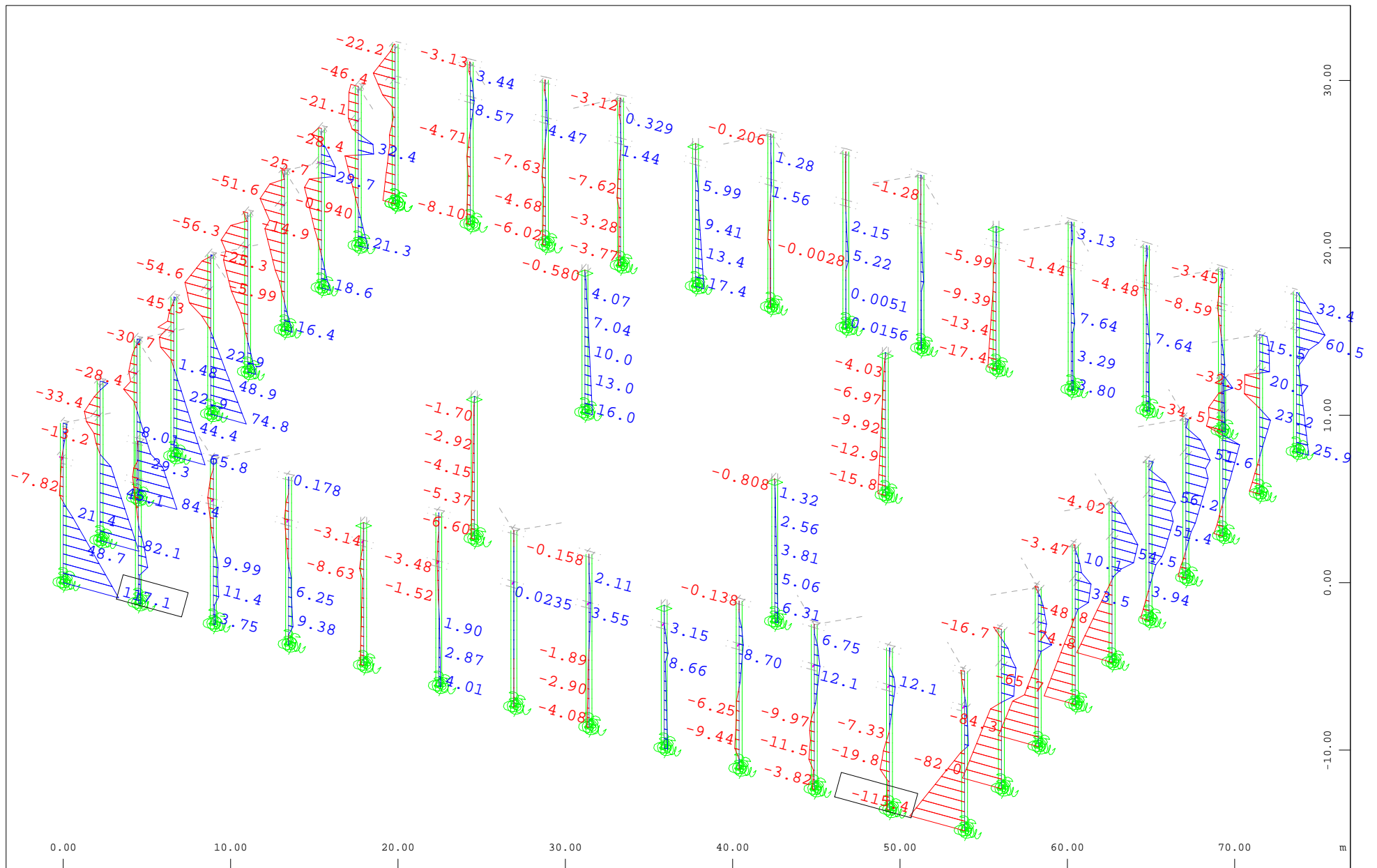
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 109130 MIN-MY BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 100.0 kNm (Min=-200.3) (Max=0)

M 1 : 315

X \* 0.931

Y \* 0.669

Z \* 0.828



$\begin{matrix} Z \\ \swarrow \\ Y \\ \nwarrow \\ X \end{matrix}$

Sector of system Group 0...6

Beam Elements , Bending moment Mz, Loadcase 109130 MIN-MY BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 100.0 kNm (Min=-115.4) (Max=117.1)

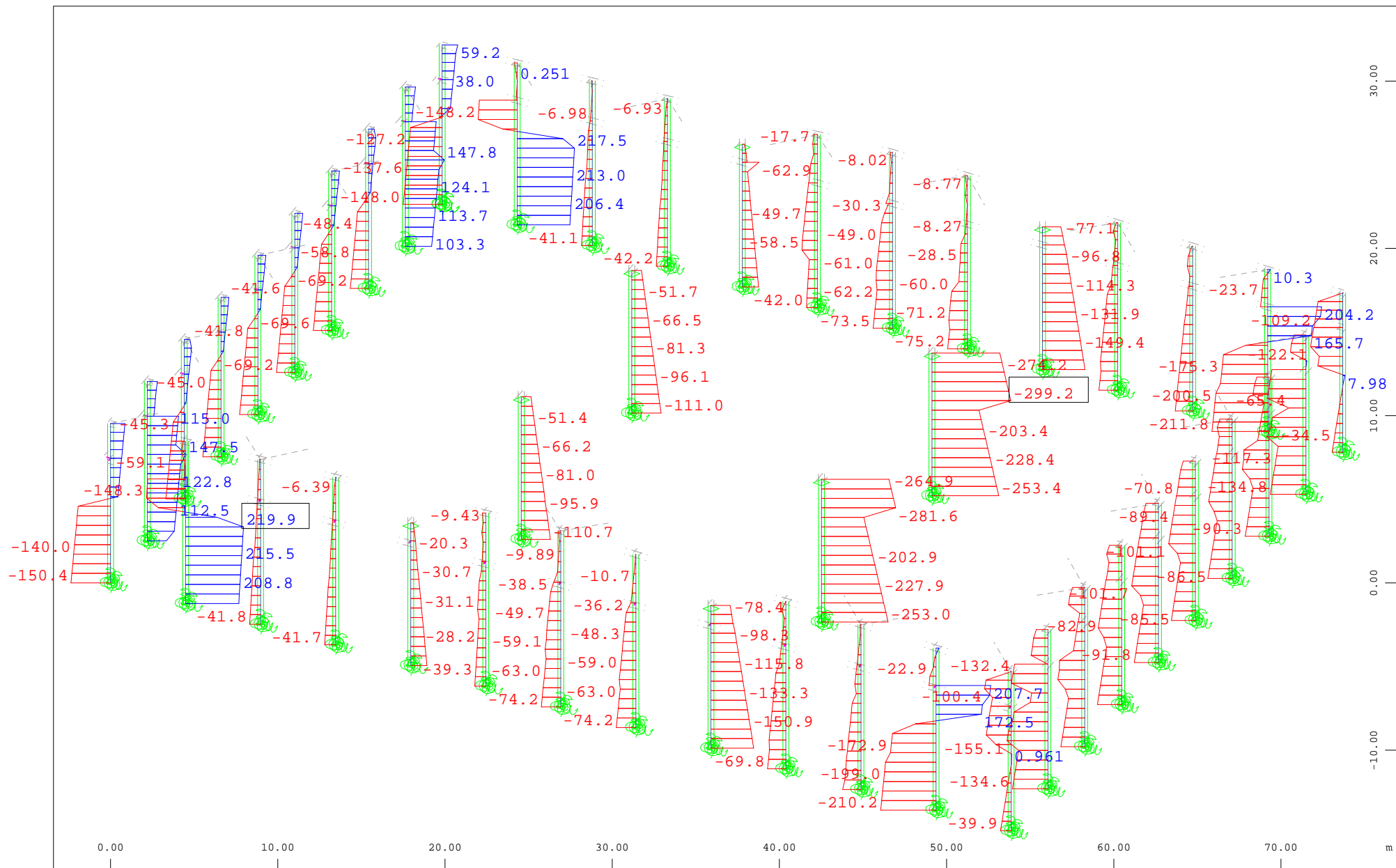
M 1 : 315

X \* 0.931

Y \* 0.669

Z \* 0.828





$\begin{matrix} Z \\ \swarrow \\ Y \\ \searrow \\ X \end{matrix}$

Sector of system Group 0...6

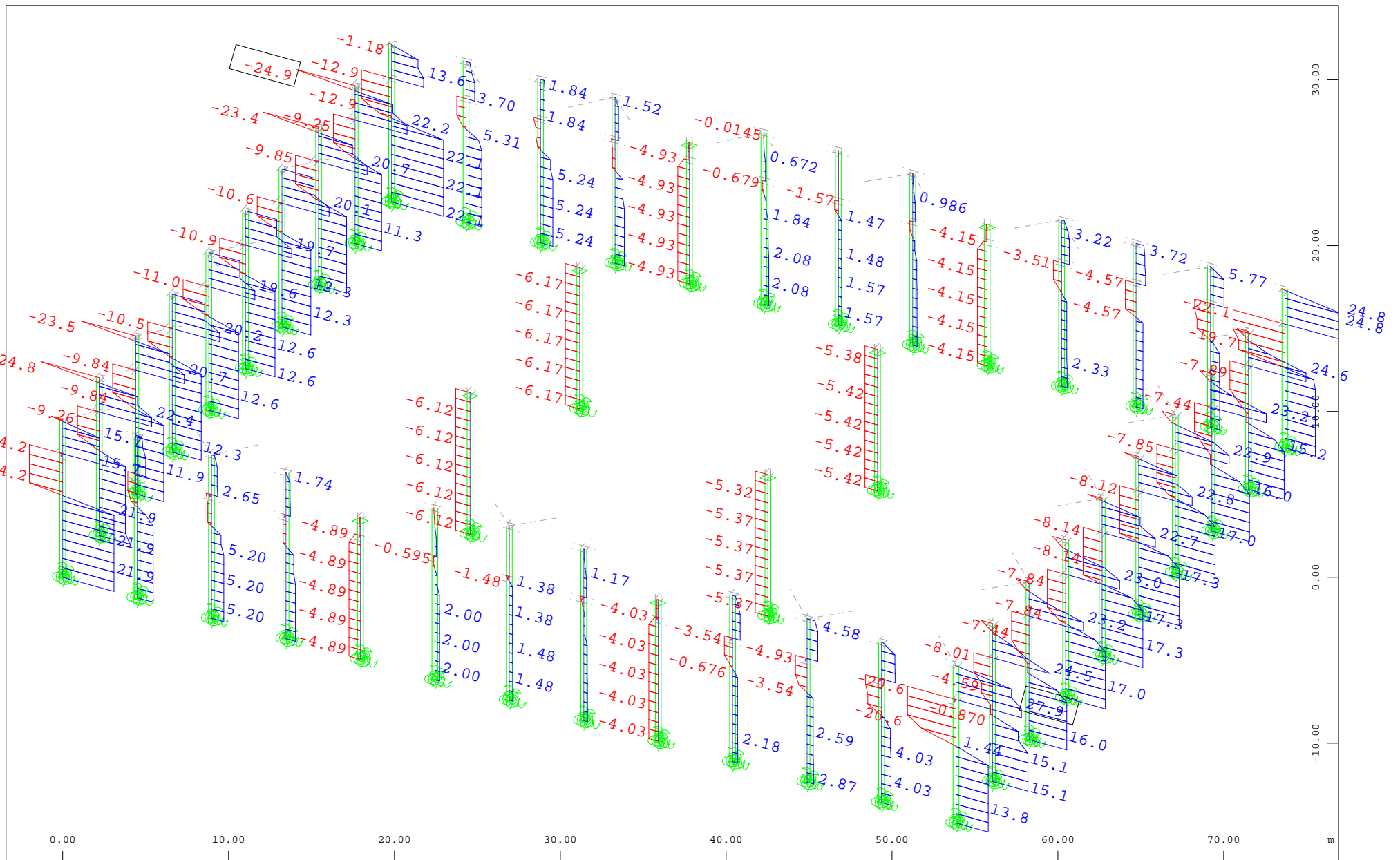
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 109131 MAX-MZ BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 200.0 kN (Min=-299.2) (Max=219.9)

M 1 : 315

X \* 0.931

Y \* 0.669

Z \* 0.828



$\begin{matrix} Z \\ Y \\ X \end{matrix}$

Sector of system Group 0...6

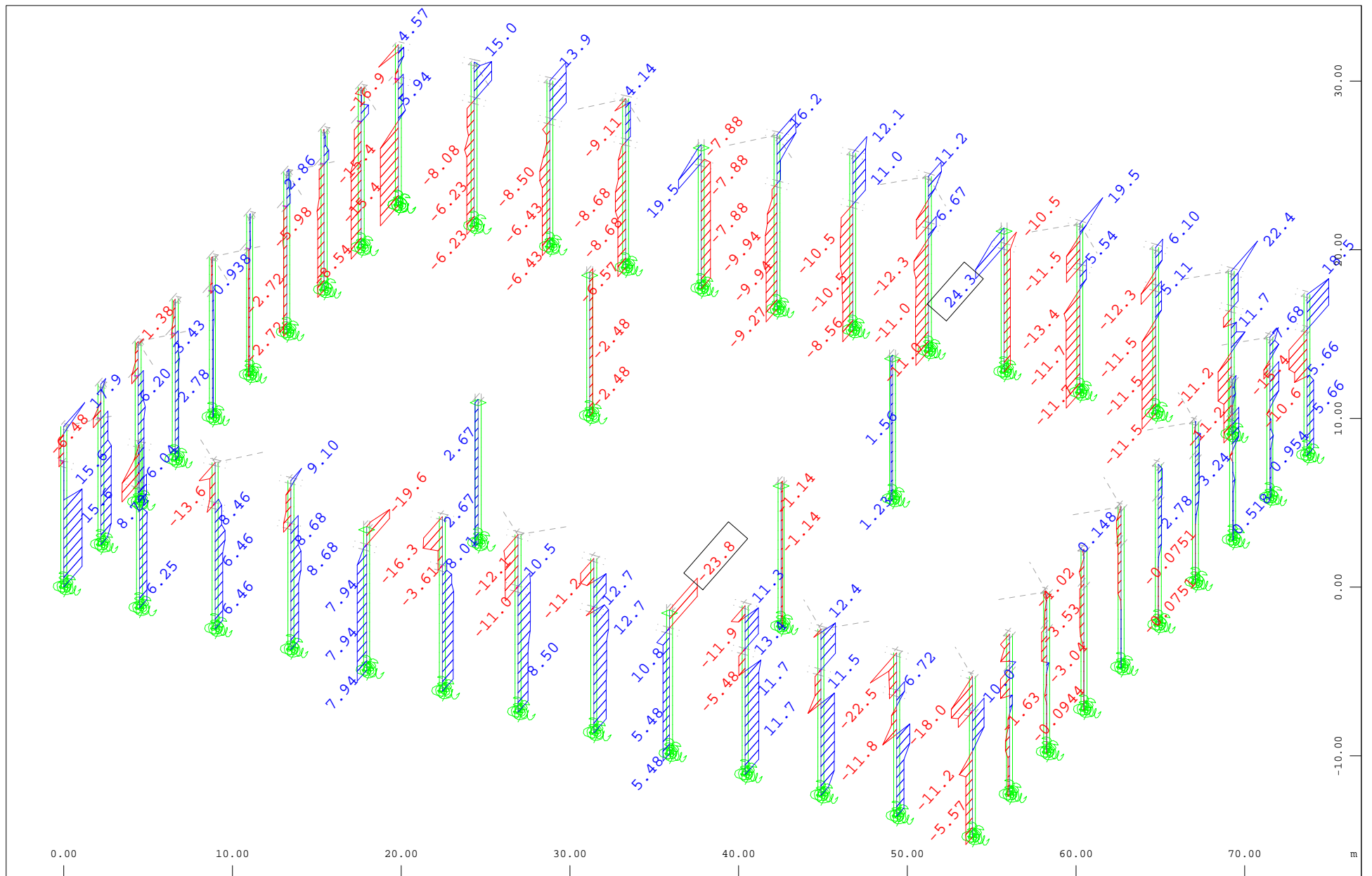
Beam Elements , Shear force  $V_y$ , Loadcase 109131 MAX-MZ BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 20.0 kN (Min=-24.9) (Max=27.9)

M 1 : 315

X \* 0.931

Y \* 0.669

Z \* 0.828



$\begin{matrix} Z \\ Y \\ X \end{matrix}$

Sector of system Group 0...6

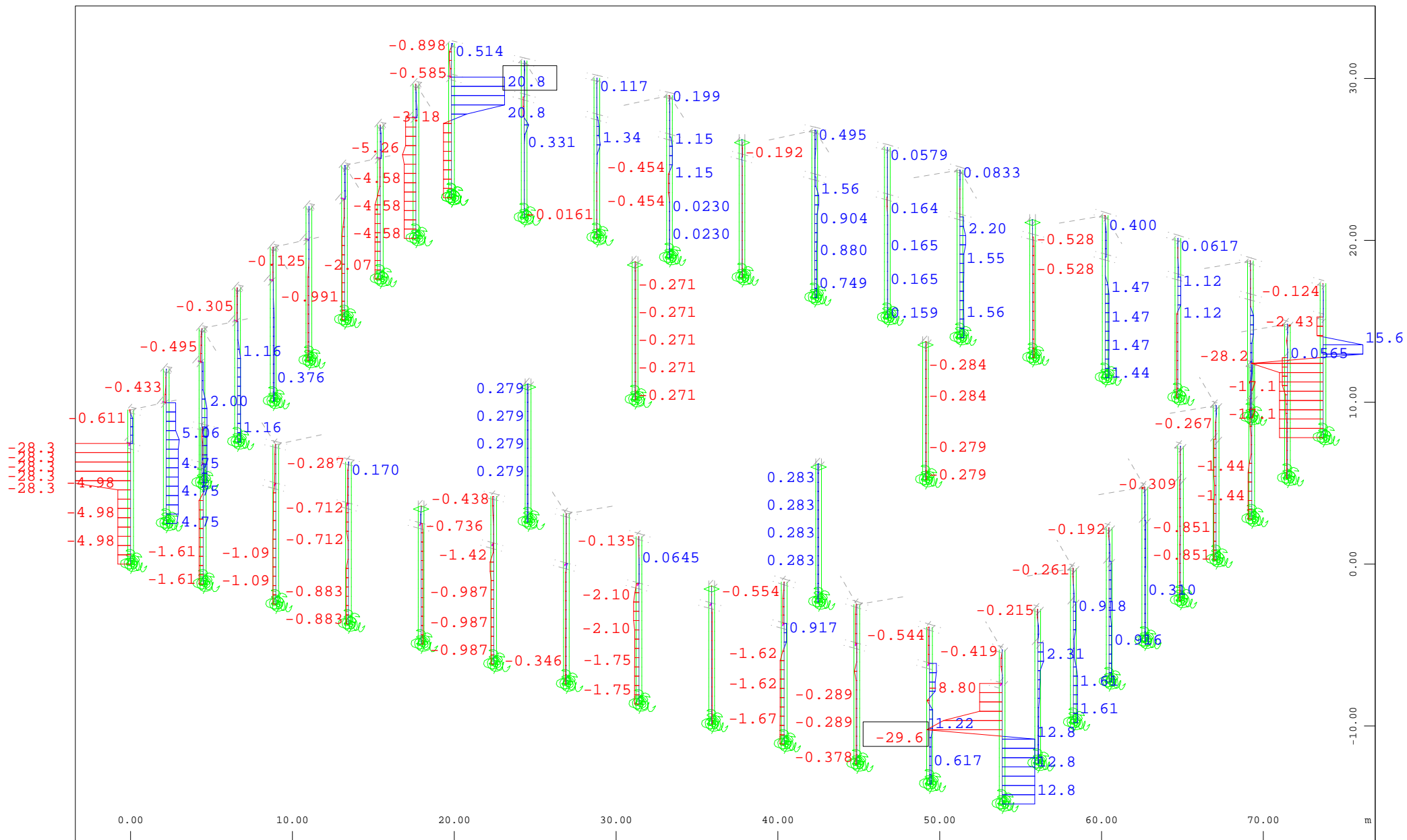
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 109131 MAX-MZ BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 20.0 kN (Min=-23.8) (Max=24.3)

M 1 : 315

X \* 0.931

Y \* 0.669

Z \* 0.828



Z  
Y  
X

Sector of system Group 0...6

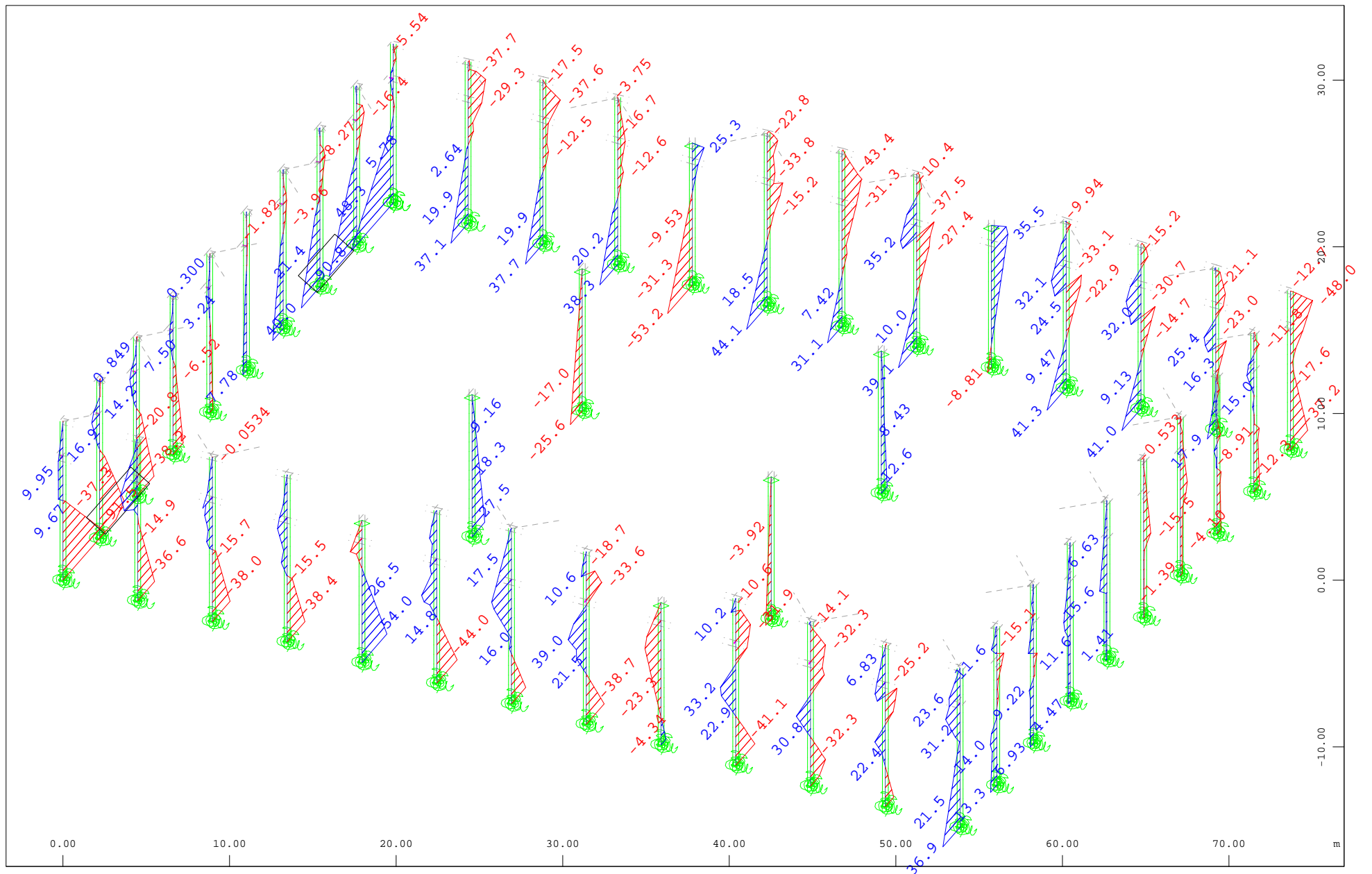
Beam Elements , Torsional moment Mt, Loadcase 109131 MAX-MZ BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 20.0 kNm (Min=-29.6) (Max=20.8)

M 1 : 315

X \* 0.931

Y \* 0.669

Z \* 0.828



$\begin{matrix} Z \\ \swarrow \\ Y \\ \searrow \\ X \end{matrix}$

Sector of system Group 0...6

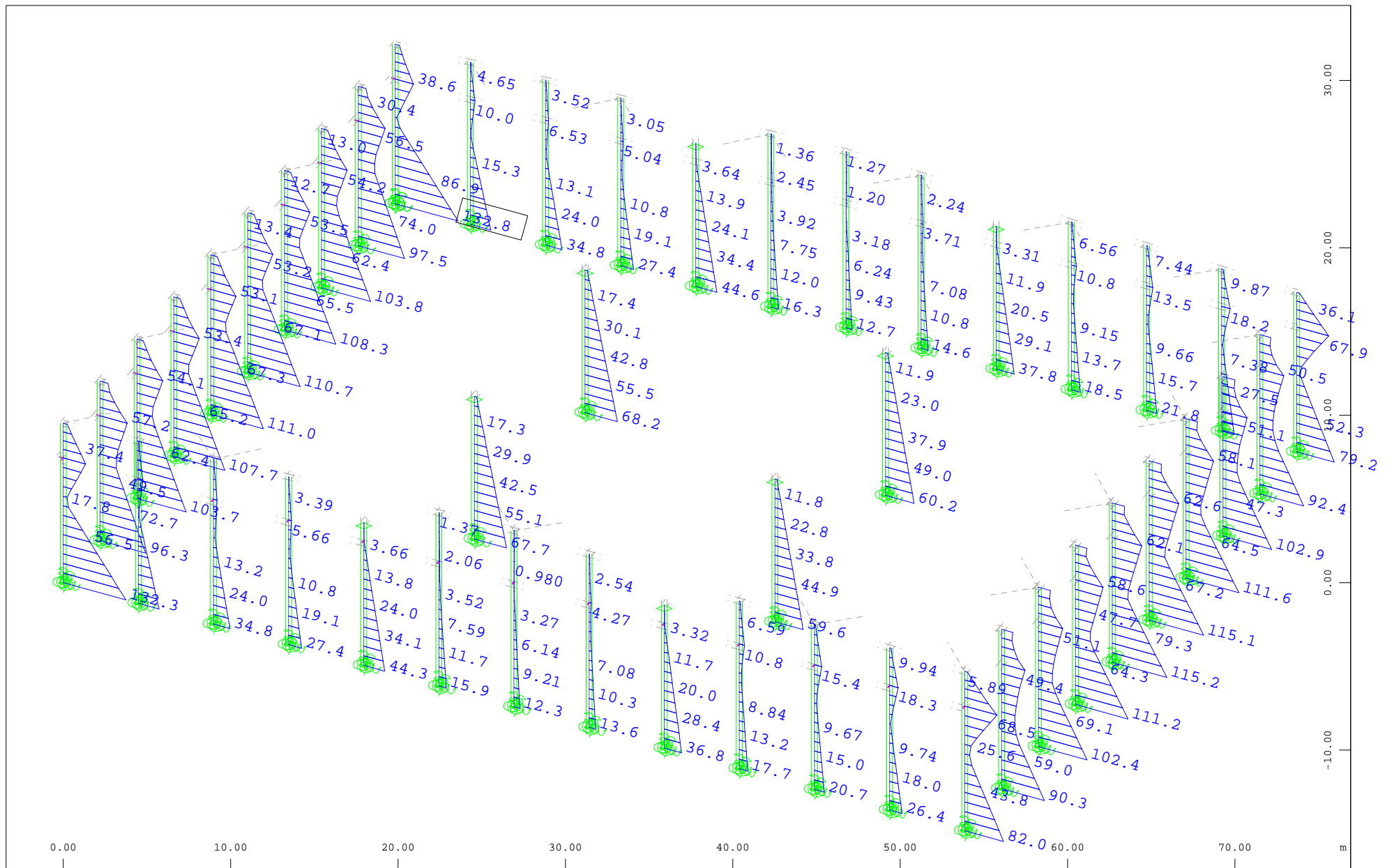
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 109131 MAX-MZ BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 50.0 kNm (Min=-91.5) (Max=90.8)

M 1 : 315

X \* 0.931

Y \* 0.669

Z \* 0.828



$\begin{matrix} Z \\ Y \\ X \end{matrix}$

Sector of system Group 0...6

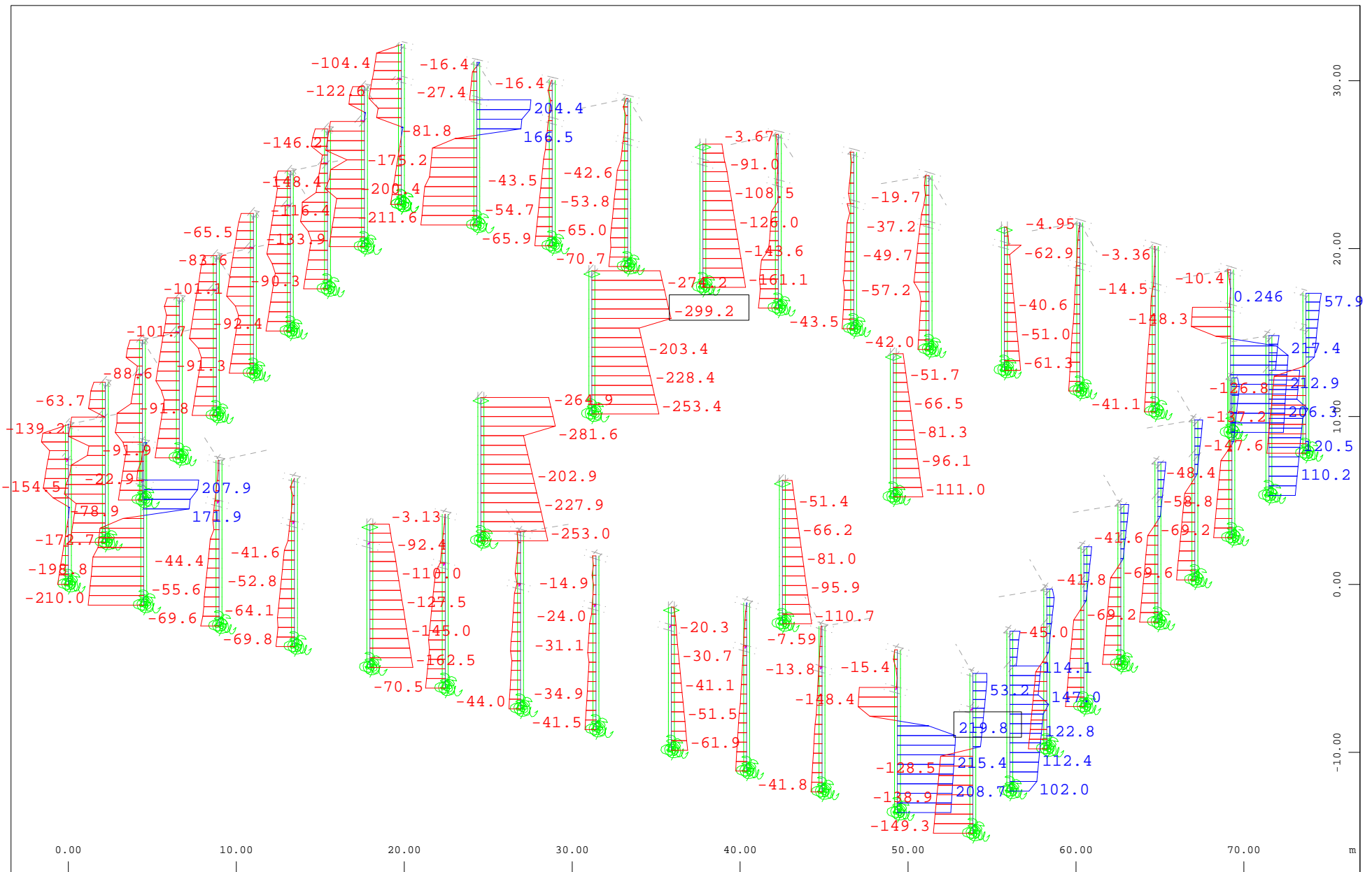
Beam Elements , Bending moment  $M_z$ , Loadcase 109131 MAX-MZ BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 100.0 kNm (Max=132.8)

M 1 : 315

X \* 0.931

Y \* 0.669

Z \* 0.828



$\begin{matrix} Z \\ \swarrow \\ Y \\ \searrow \\ X \end{matrix}$

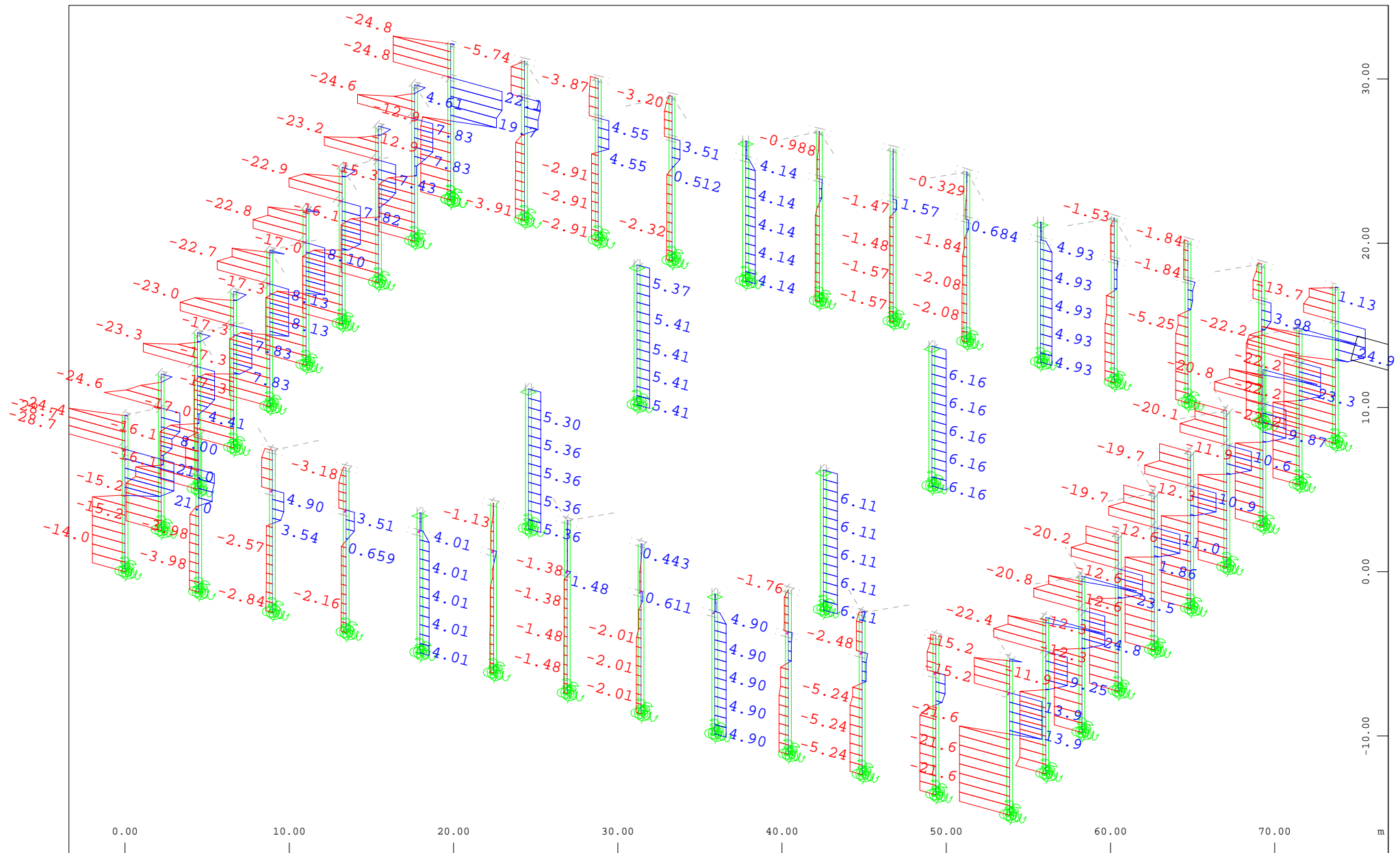
Sector of system Group 0...6

Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 109132 MIN-MZ BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 200.0 kN (Min=-299.2) (Max=219.8)

M 1 : 315

X \* 0.931  
 Y \* 0.669  
 Z \* 0.828





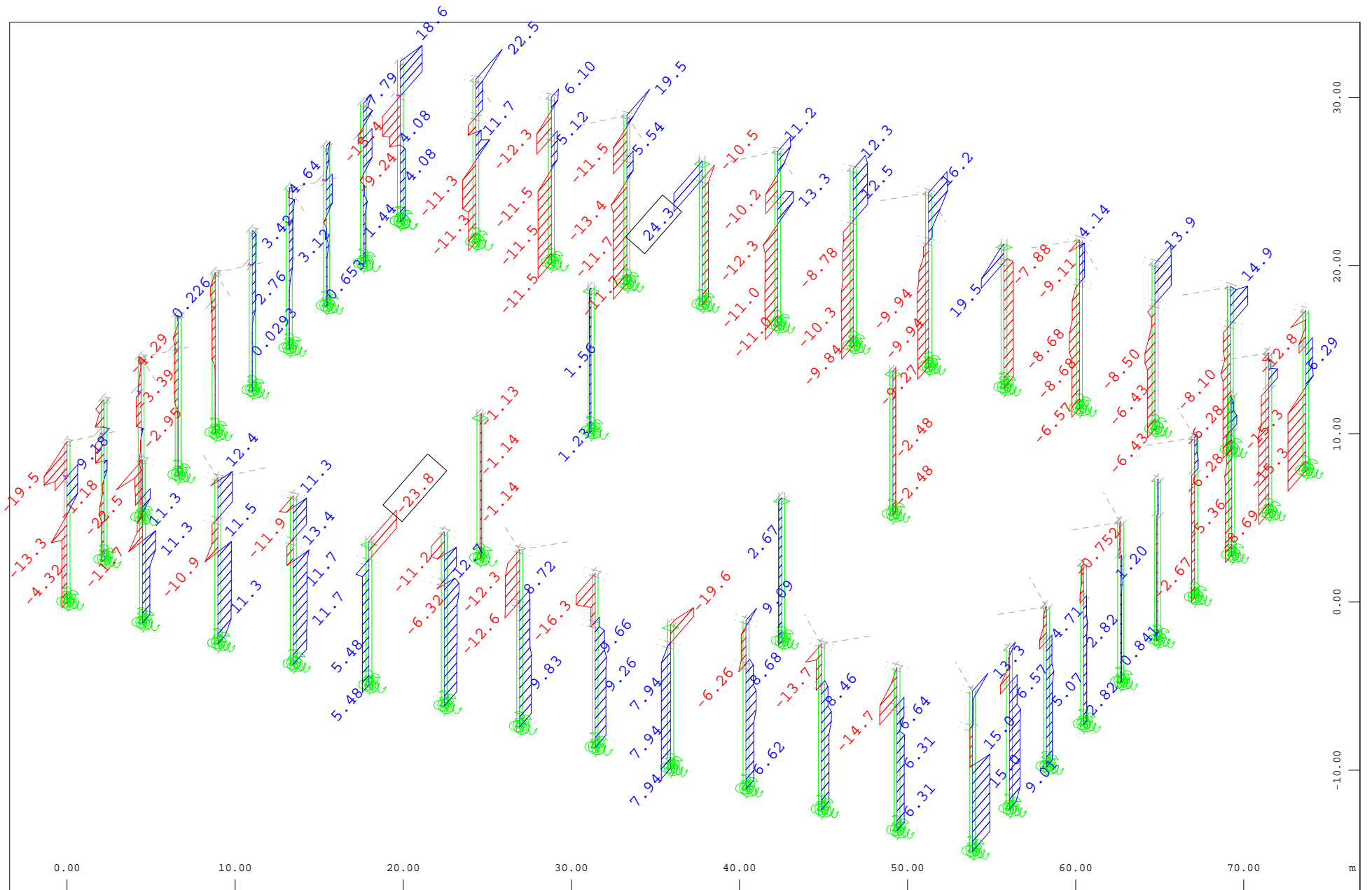
$\begin{matrix} Z \\ Y \\ X \end{matrix}$

Sector of system Group 0...6

Beam Elements , Shear force  $V_y$ , Loadcase 109132 MIN-MZ BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 20.0 kN (Min=-28.7) (Max=24.9)

M 1 : 315

X \* 0.931  
 Y \* 0.669  
 Z \* 0.828



$\begin{matrix} Z \\ Y \\ X \end{matrix}$

Sector of system Group 0...6

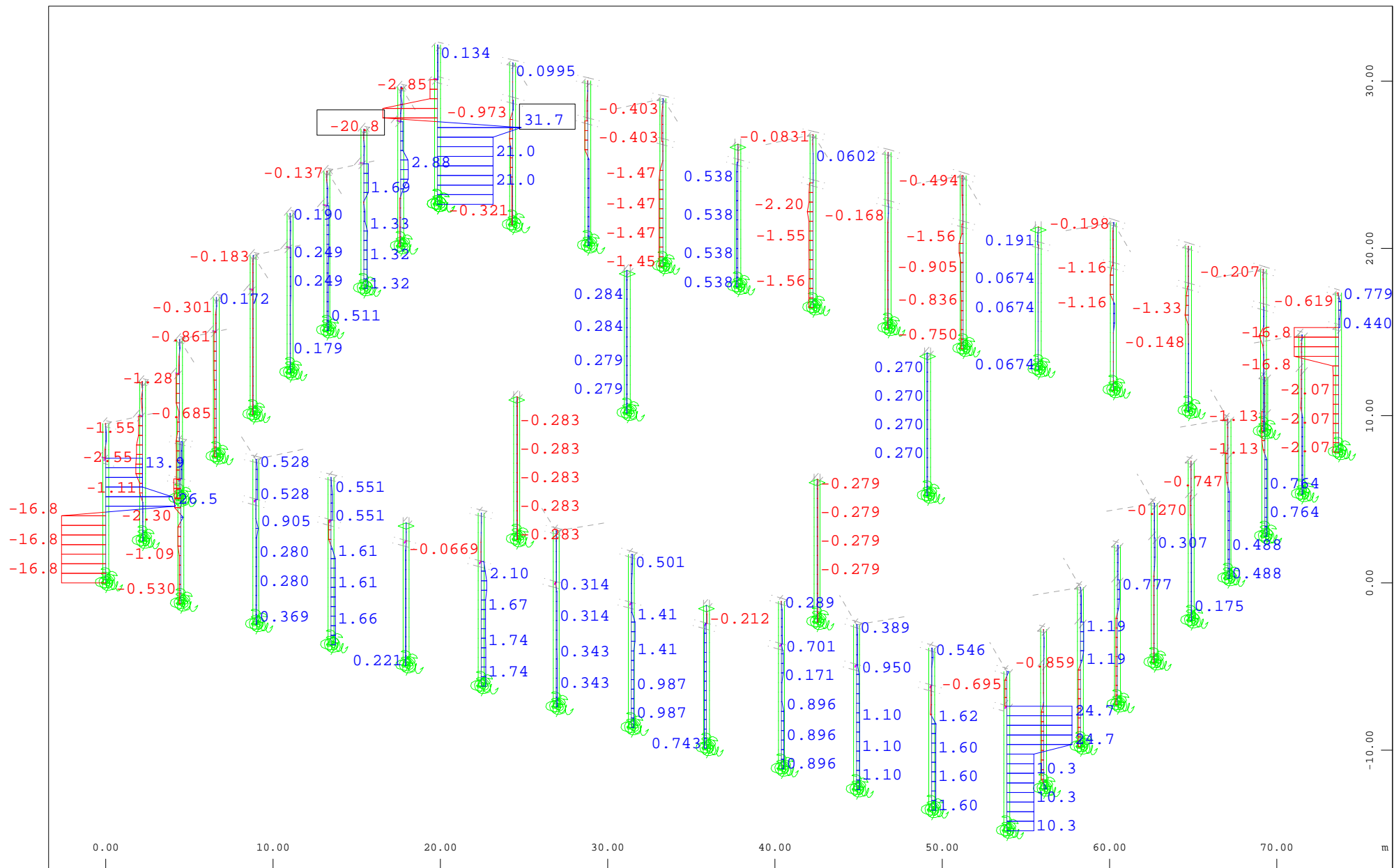
Beam Elements , Shear force  $V_z$ , Loadcase 109132 MIN-MZ BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 20.0 kN (Min=-23.8) (Max=24.3)

M 1 : 315

X \* 0.931

Y \* 0.669

Z \* 0.828



Z  
Y  
X

Sector of system Group 0...6

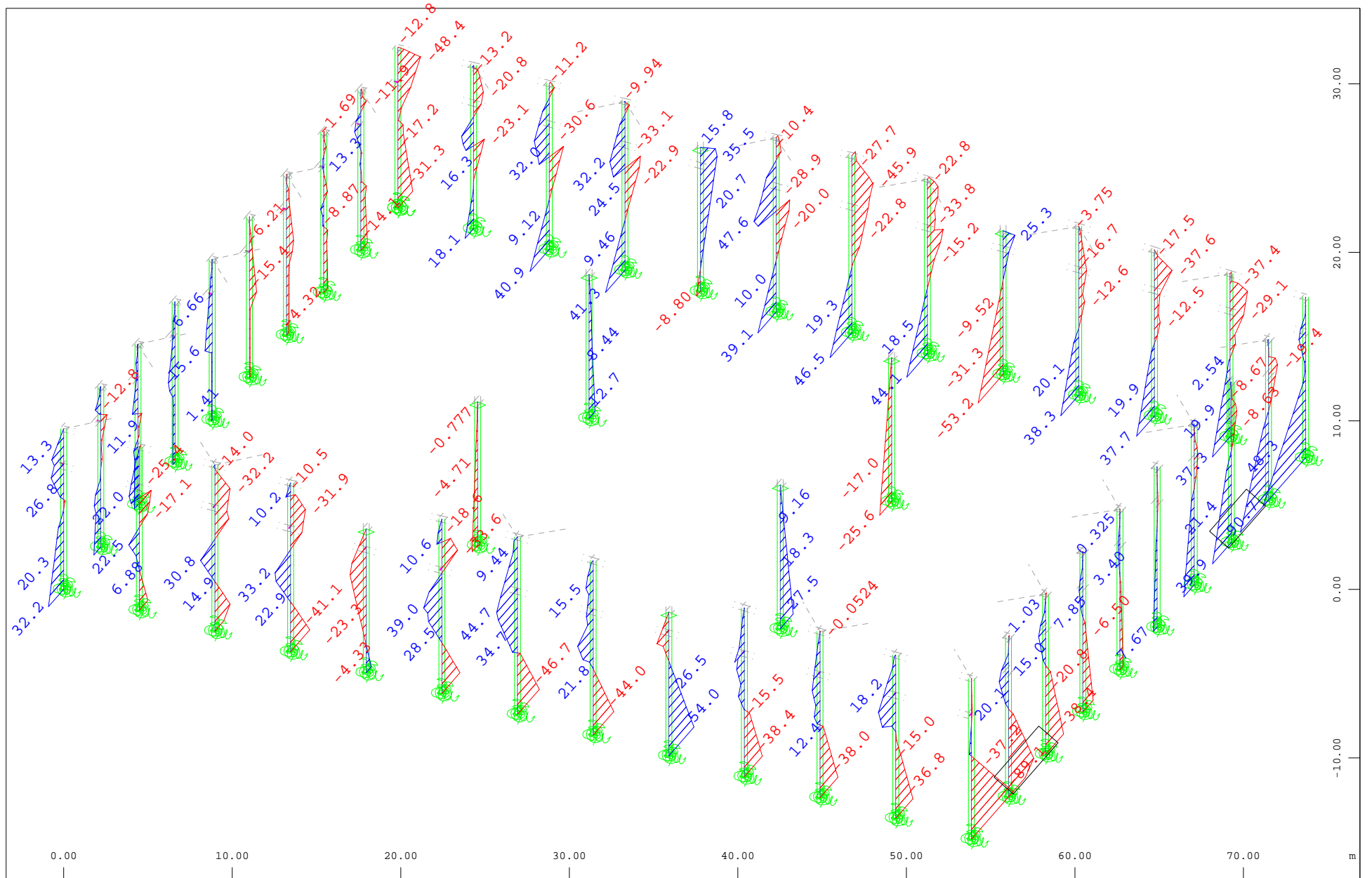
Beam Elements , Torsional moment Mt, Loadcase 109132 MIN-MZ BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 20.0 kNm (Min=-20.8) (Max=31.7)

M 1 : 315

X \* 0.931

Y \* 0.669

Z \* 0.828



$\begin{matrix} Z \\ Y \\ X \end{matrix}$

Sector of system Group 0...6

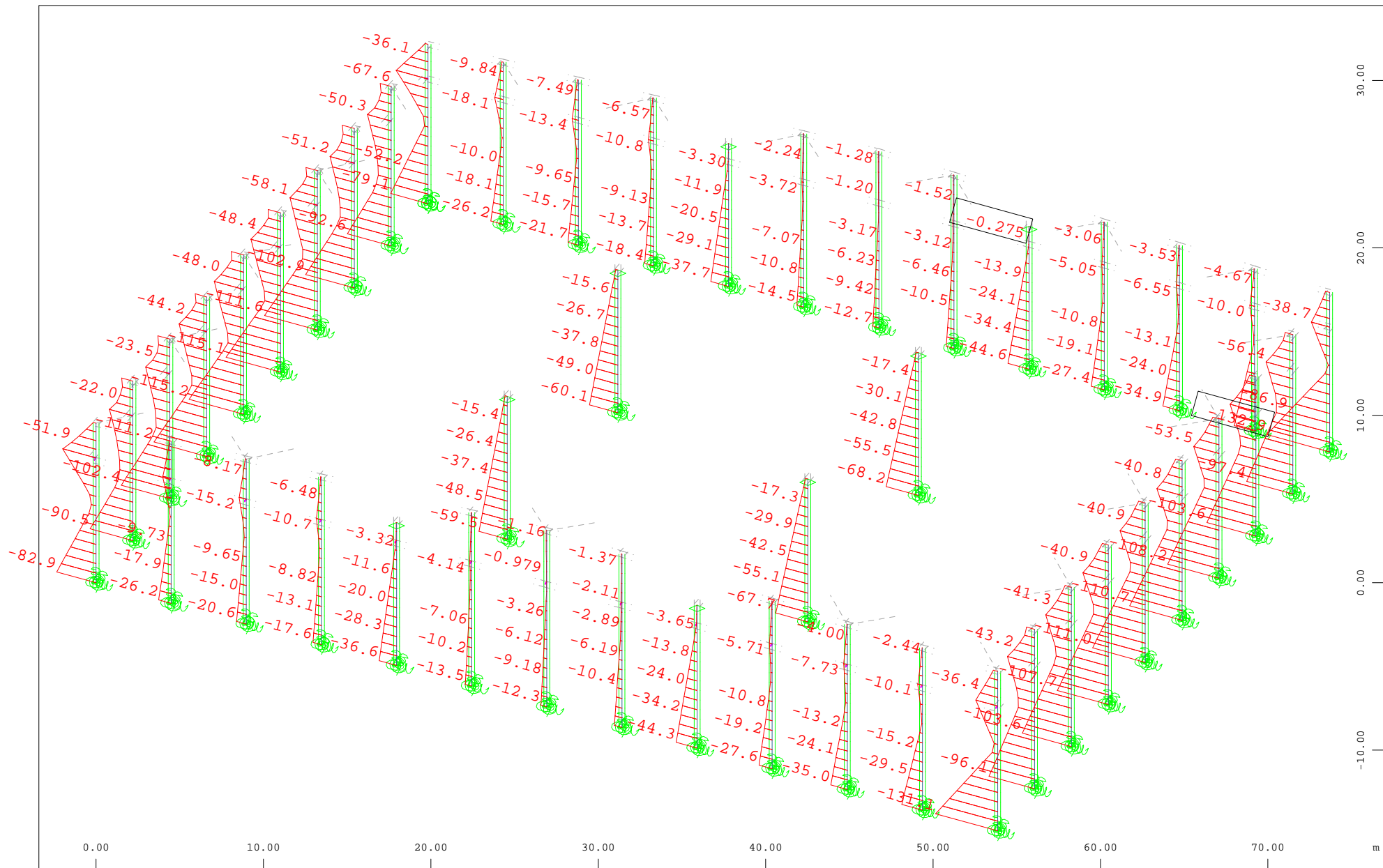
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 109132 MIN-MZ BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 50.0 kNm (Min=-89.1) (Max=90.7)

M 1 : 315

X \* 0.931

Y \* 0.669

Z \* 0.828



$Z_y$   
 $\swarrow$   
 $X$

Sector of system Group 0...6

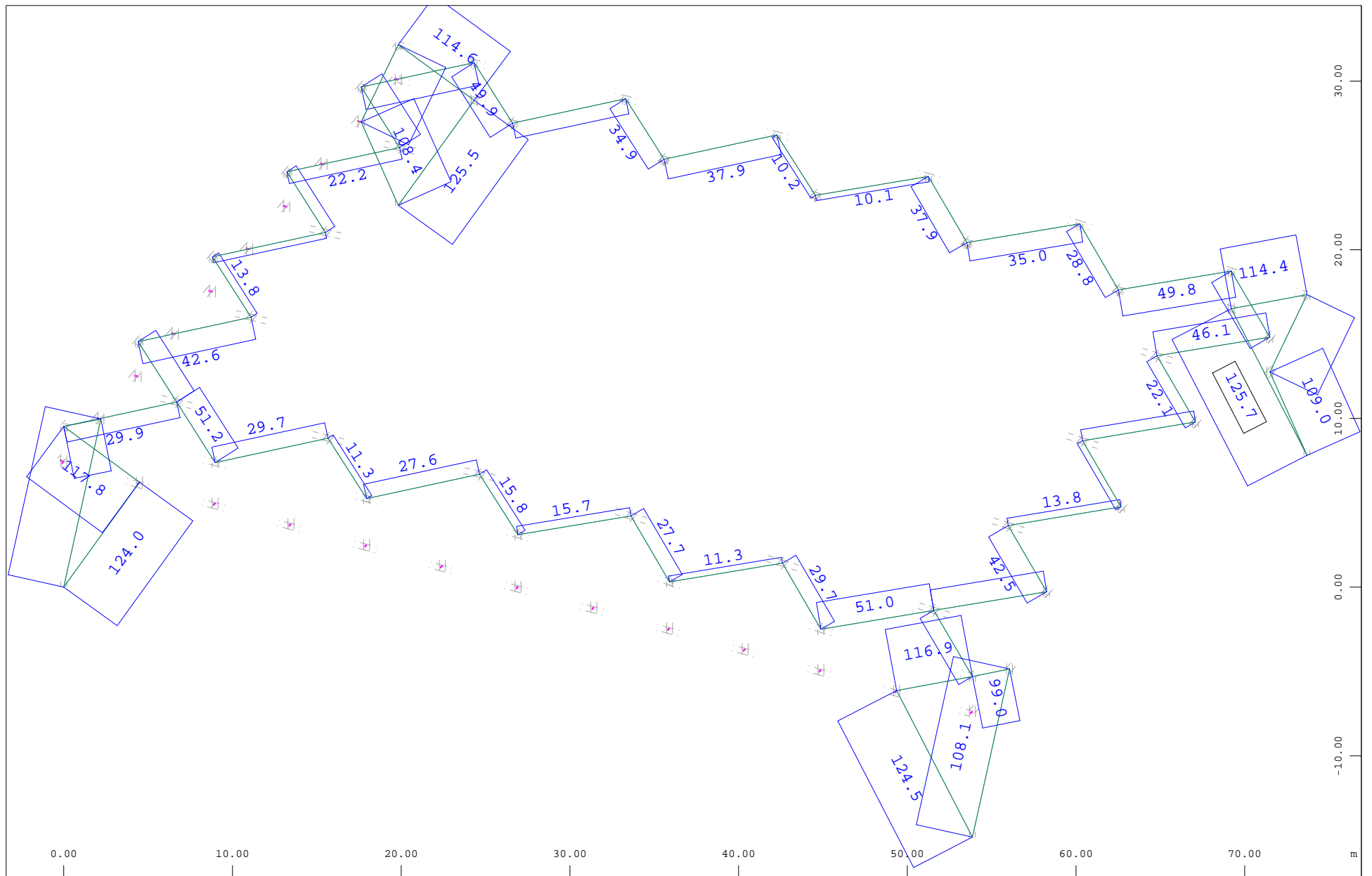
Beam Elements , Bending moment  $M_z$ , Loadcase 109132 MIN-MZ BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 100.0 kNm (Min=-132.9) (Max=-0.275)

M 1 : 315

X \* 0.931

Y \* 0.669

Z \* 0.828



$\begin{matrix} Z \\ Y \\ X \end{matrix}$

Sector of system Truss Elements

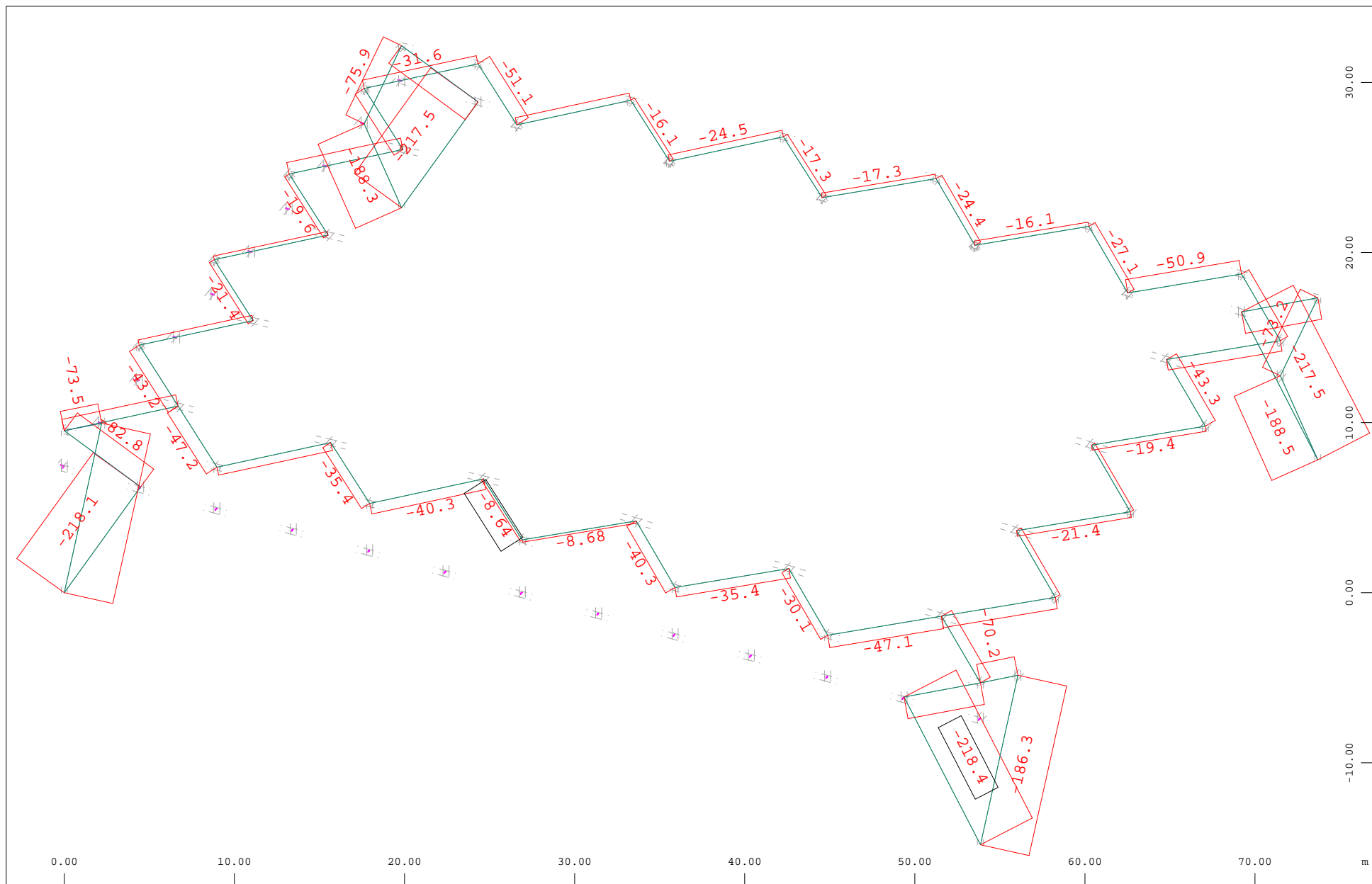
Truss Elements , Normal force  $N_x$ , Loadcase 109141 MAX-N TRUS Forces in Truss Eleme , 1 cm 3D = 100.0 kN (Max=125.7)

M 1 : 315

X \* 0.931

Y \* 0.669

Z \* 0.828



Z  
Y  
X

Sector of system Truss Elements

Truss Elements , Normal force Nx, Loadcase 109142 MIN-N TRUS Forces in Truss Eleme , 1 cm 3D = 200.0 kN (Min=-218.4) (Max=-8.64)

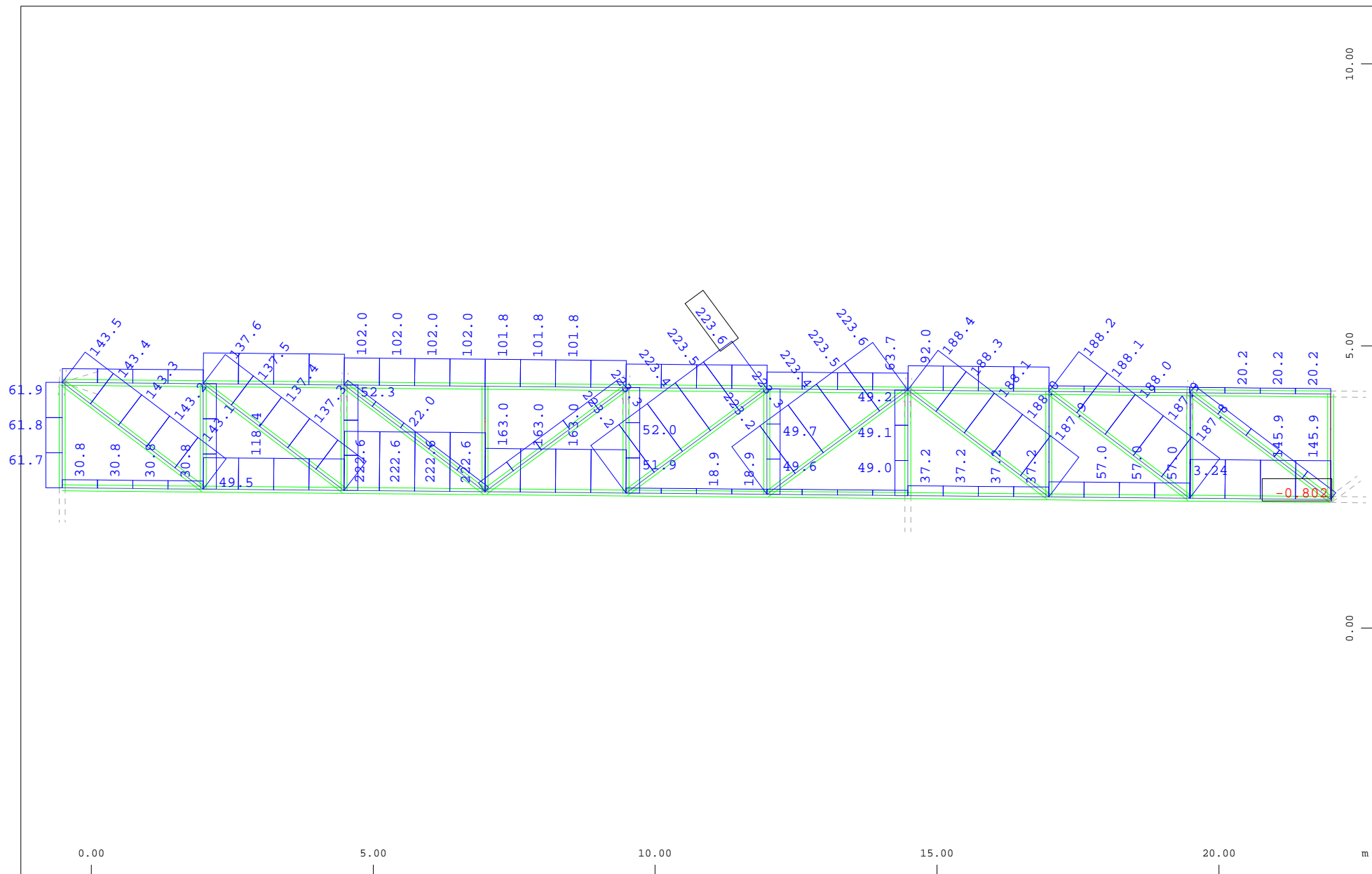
M 1 : 315

X \* 0.931

Y \* 0.669

Z \* 0.828





Z Sector of system Beam Elements Group 101...105

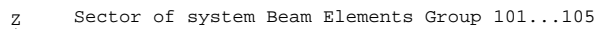
X-Y Beam Elements , Normal force  $N_x$ , Loadcase 109121 MAX-N BEAM Forces in Beam Element , 1 cm 3D = 200.0 kN (Min=-0.802) (Max=223.6)

M 1 : 94

X \* 0.358

Y \* 1.000

Z \* 0.934



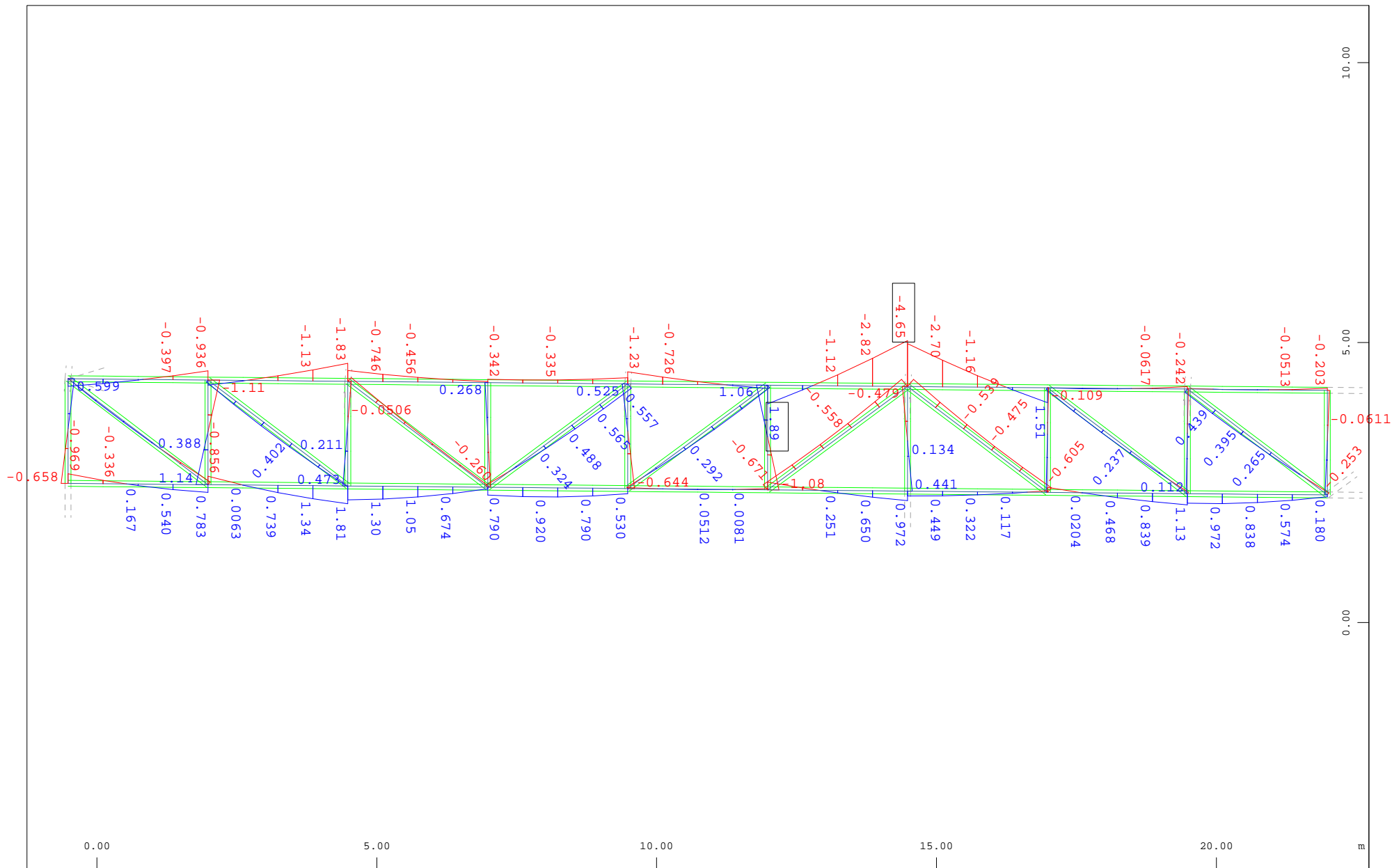
M 1 : 94

Y \* 1.000

$$Z^* = 0.934$$







Z Sector of system Beam Elements Group 101...105

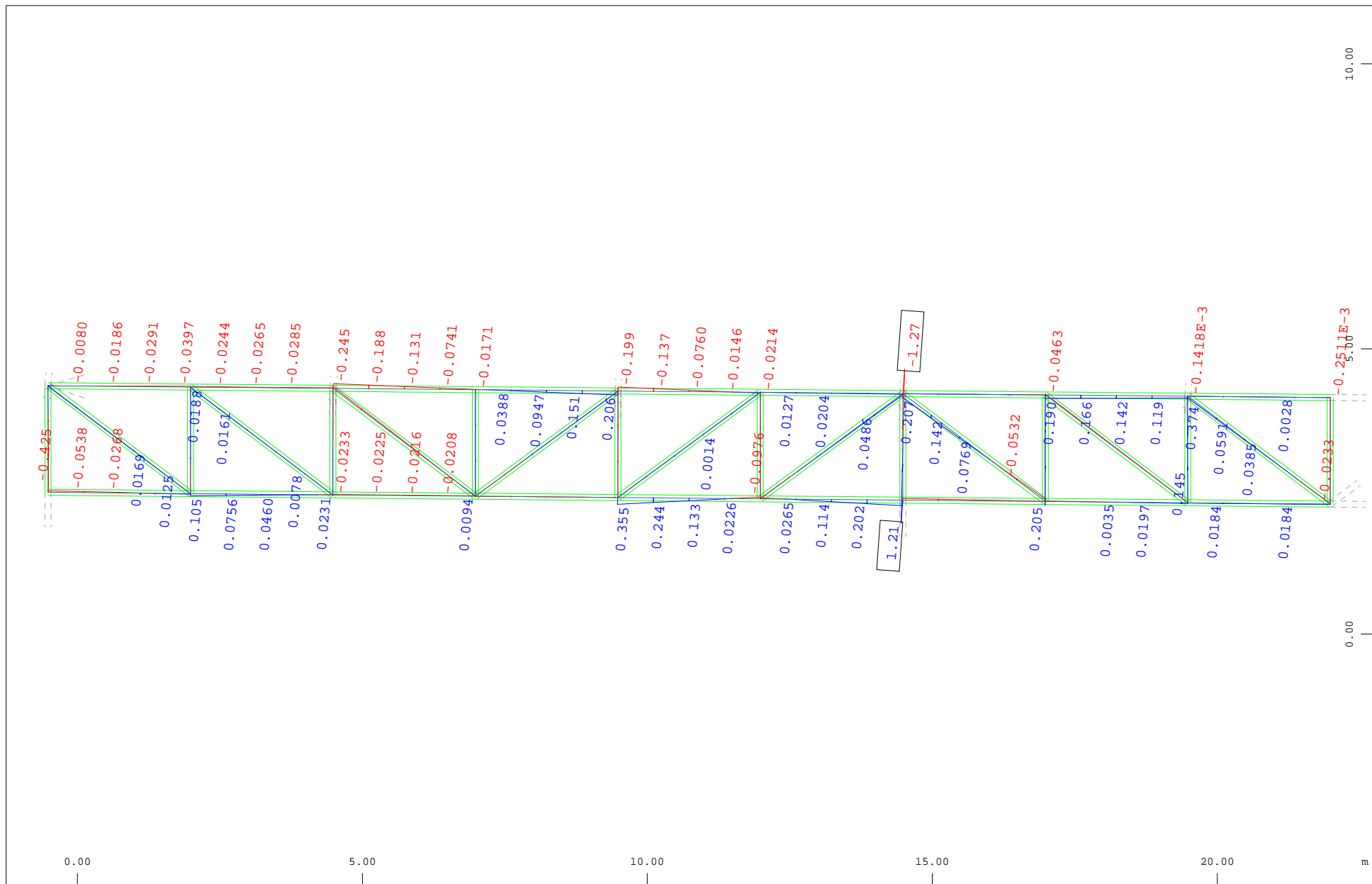
X-Y Beam Elements , Bending moment  $M_y$ , Loadcase 109121 MAX-N BEAM Forces in Beam Element , 1 cm 3D = 5.00 kNm (Min=-4.65) (Max=1.89)

M 1 : 94

X \* 0.358

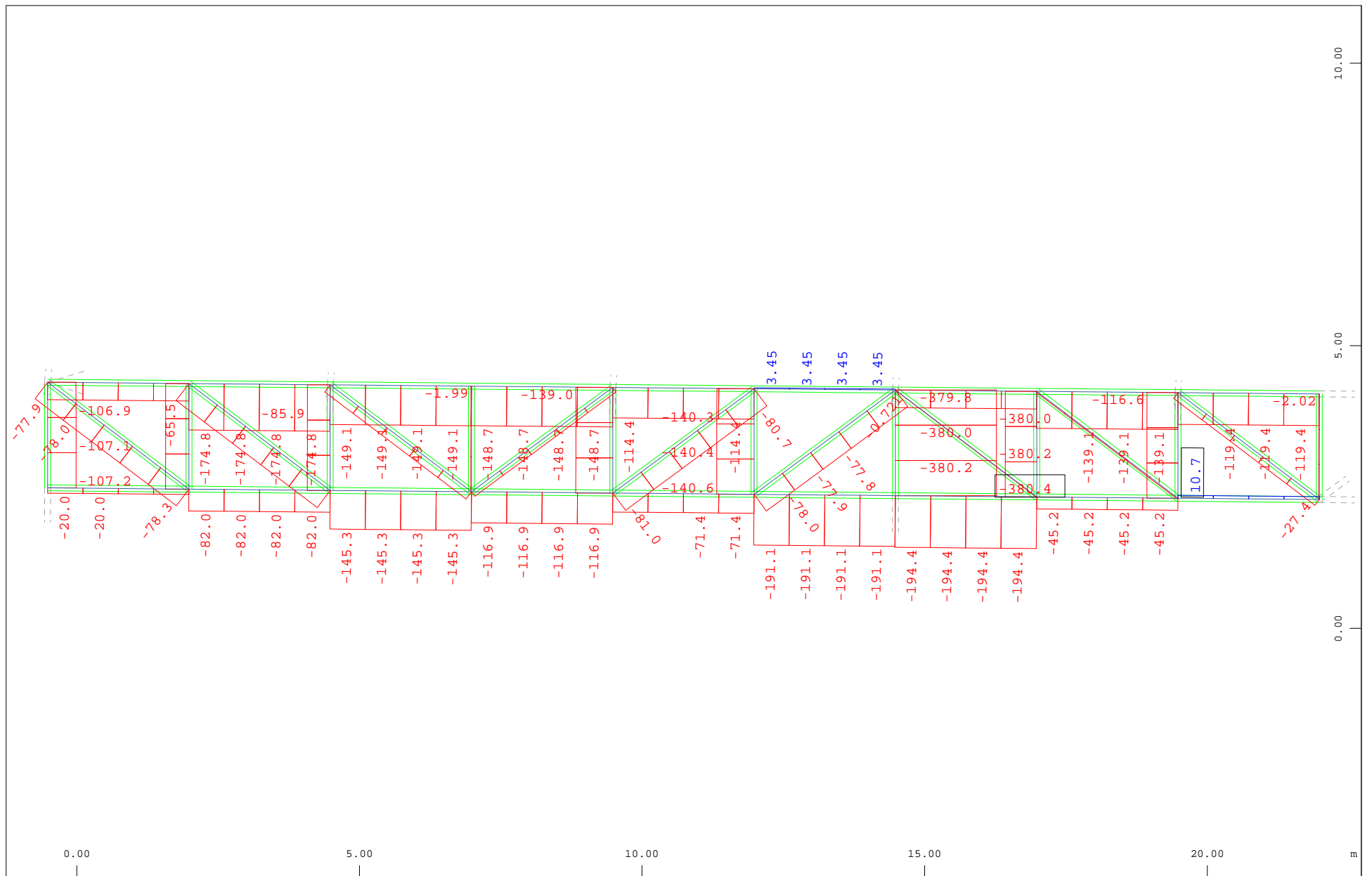
Y \* 1.000

Z \* 0.934



Z Sector of system Beam Elements Group 101...105  
 X-Y Beam Elements , Bending moment  $M_z$ , Loadcase 109121 MAX-N BEAM Forces in Beam Element , 1 cm 3D = 1.00 kNm (Min=-1.27) (Max=1.21)

M 1 : 94  
 X \* 0.358  
 Y \* 1.000  
 Z \* 0.934



Z Sector of system Beam Elements Group 101...105

X-Y Beam Elements , Normal force  $N_x$ , Loadcase 109122 MIN-N BEAM Forces in Beam Element , 1 cm 3D = 200.0 kN (Min=-380.4) (Max=10.7)

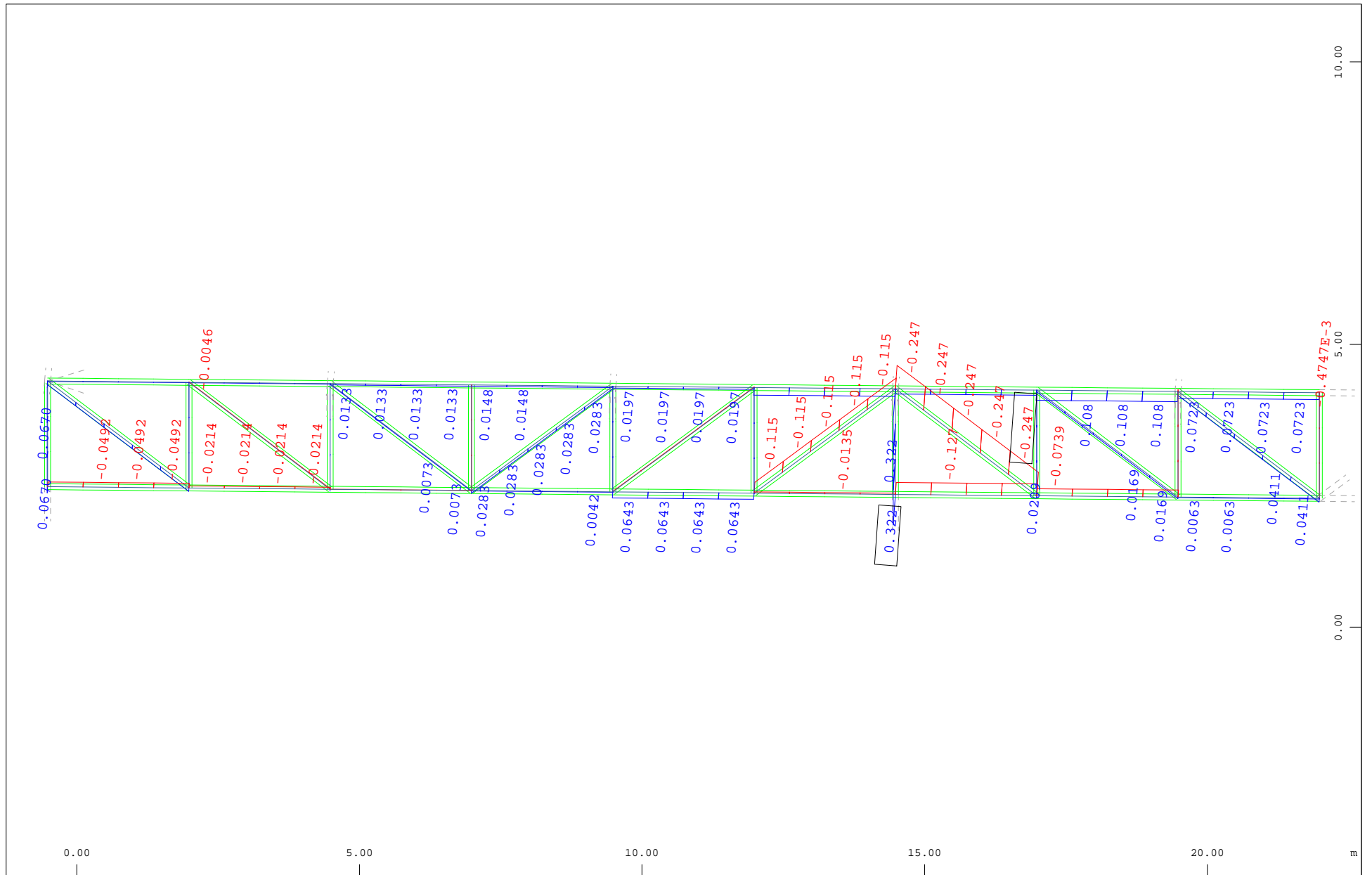
M 1 : 94

X \* 0.358

Y \* 1.000

Z \* 0.934





Sector of system Beam Elements Group 101...105

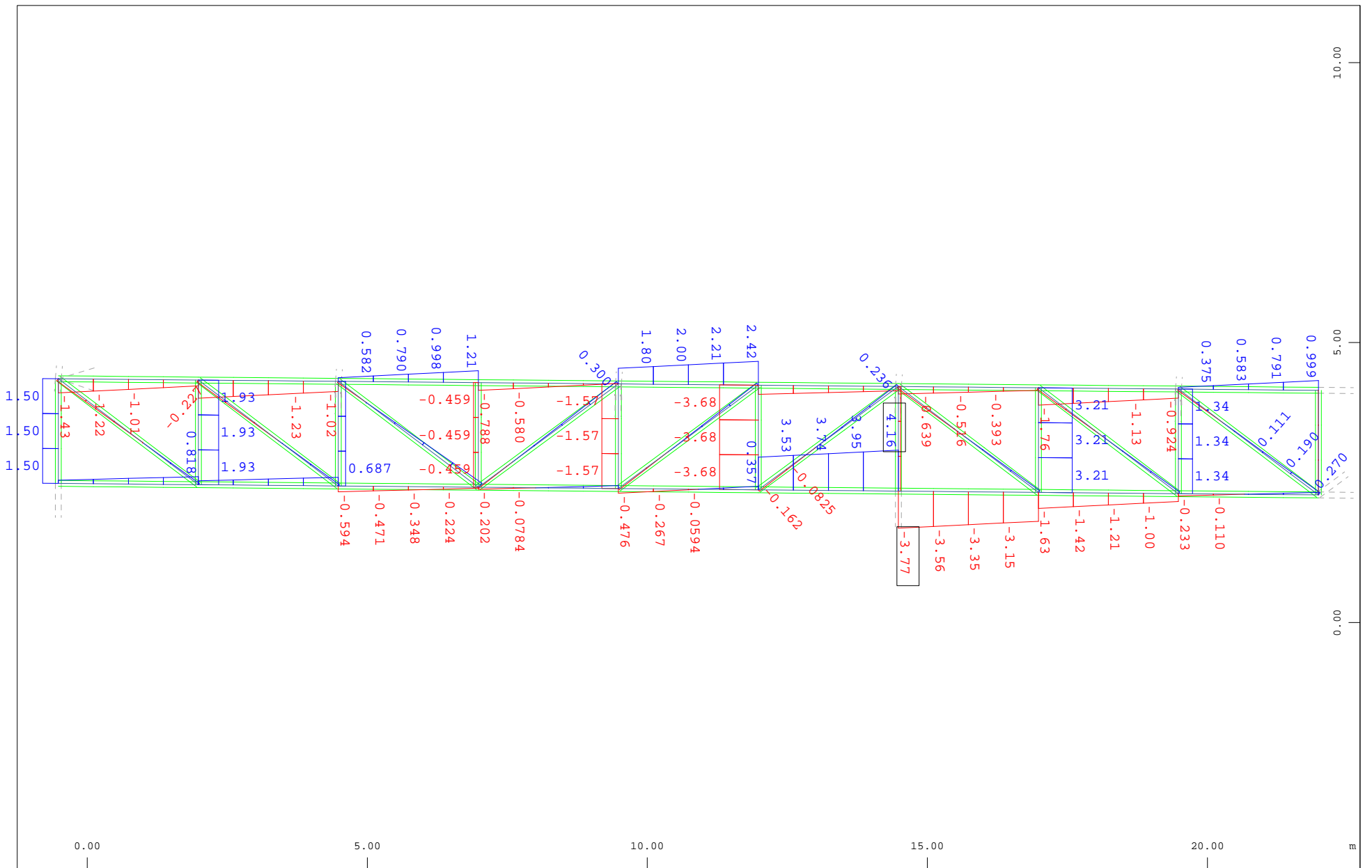
Beam Elements , Shear force  $V_y$ , Loadcase 109122 MIN-N BEAM Forces in Beam Element , 1 cm 3D = 0.200 kN (Min=-0.247) (Max=0.322)

M 1 : 94

X \* 0.358

Y \* 1.000

Z \* 0.934



Sector of system Beam Elements Group 101...105

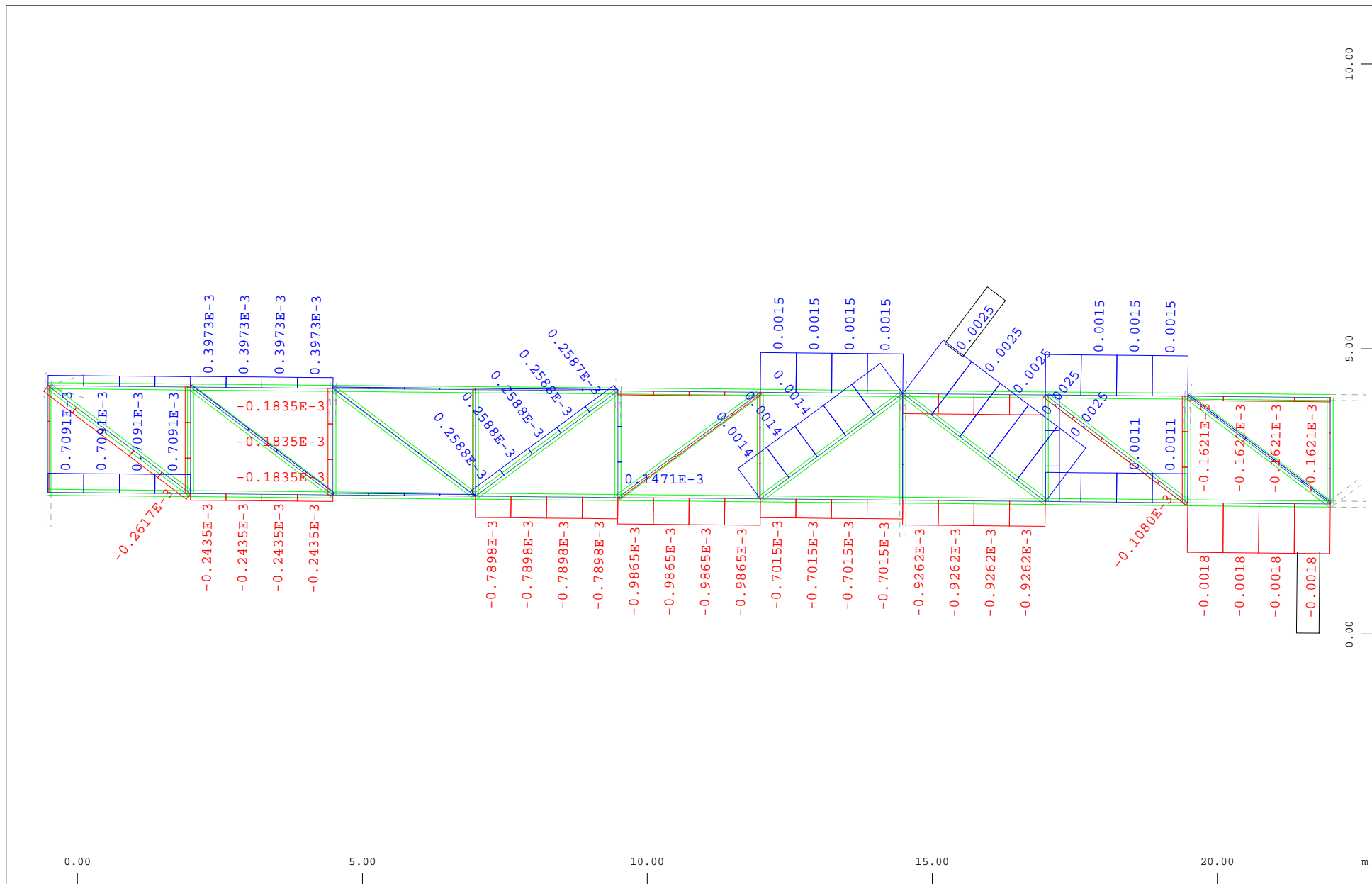
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 109122 MIN-N BEAM Forces in Beam Element , 1 cm 3D = 5.00 kN (Min=-3.77) (Max=4.16)

M 1 : 94

X \* 0.358

Y \* 1.000

Z \* 0.934



Z Sector of system Beam Elements Group 101...105

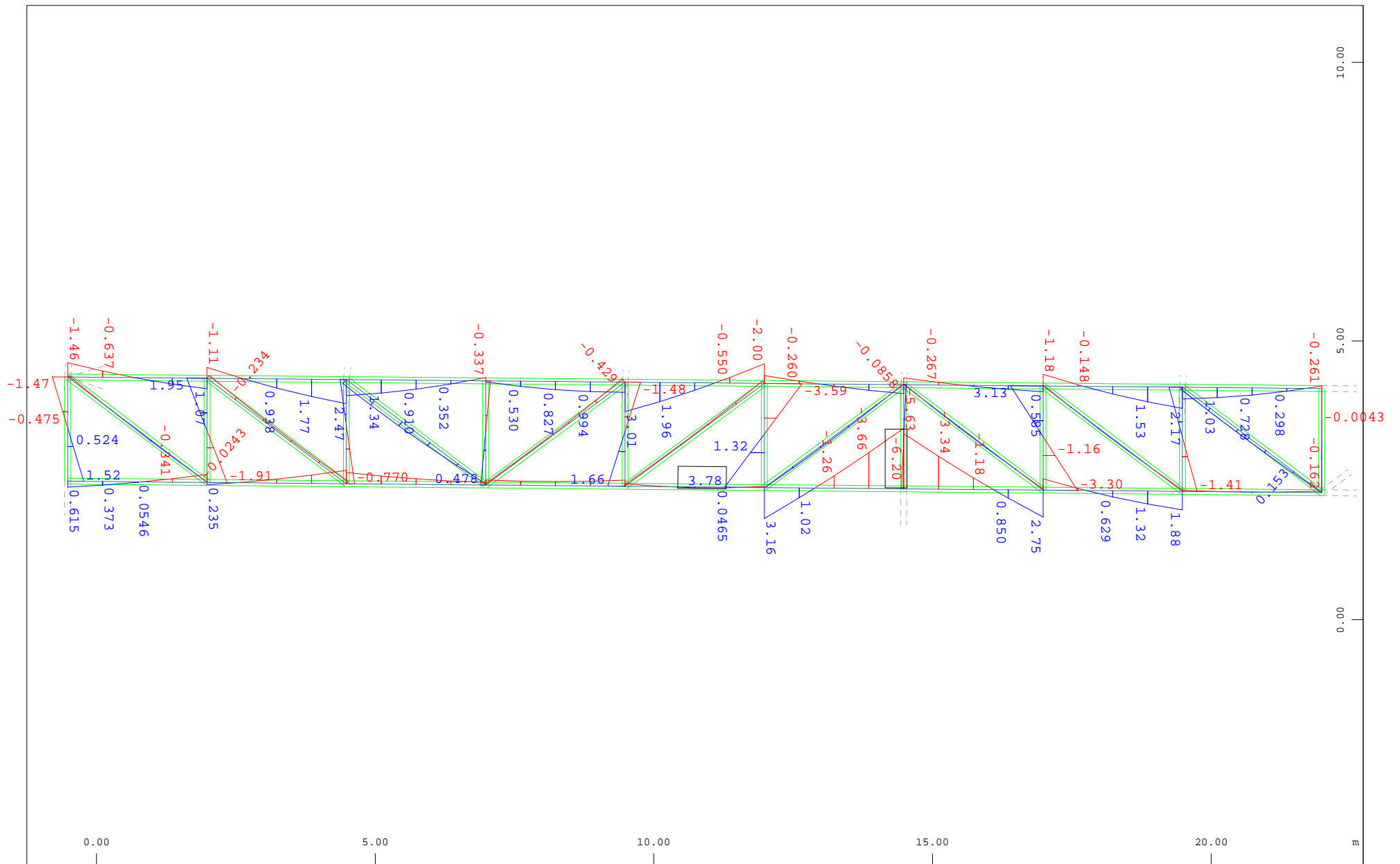
X-Y Beam Elements , Torsional moment Mt, Loadcase 109122 MIN-N BEAM Forces in Beam Element , 1 cm 3D = 0.0020 kNm (Min=-0.0018) (Max=0.0025)

M 1 : 94

X \* 0.358

Y \* 1.000

Z \* 0.934



Sector of system Beam Elements Group 101...105

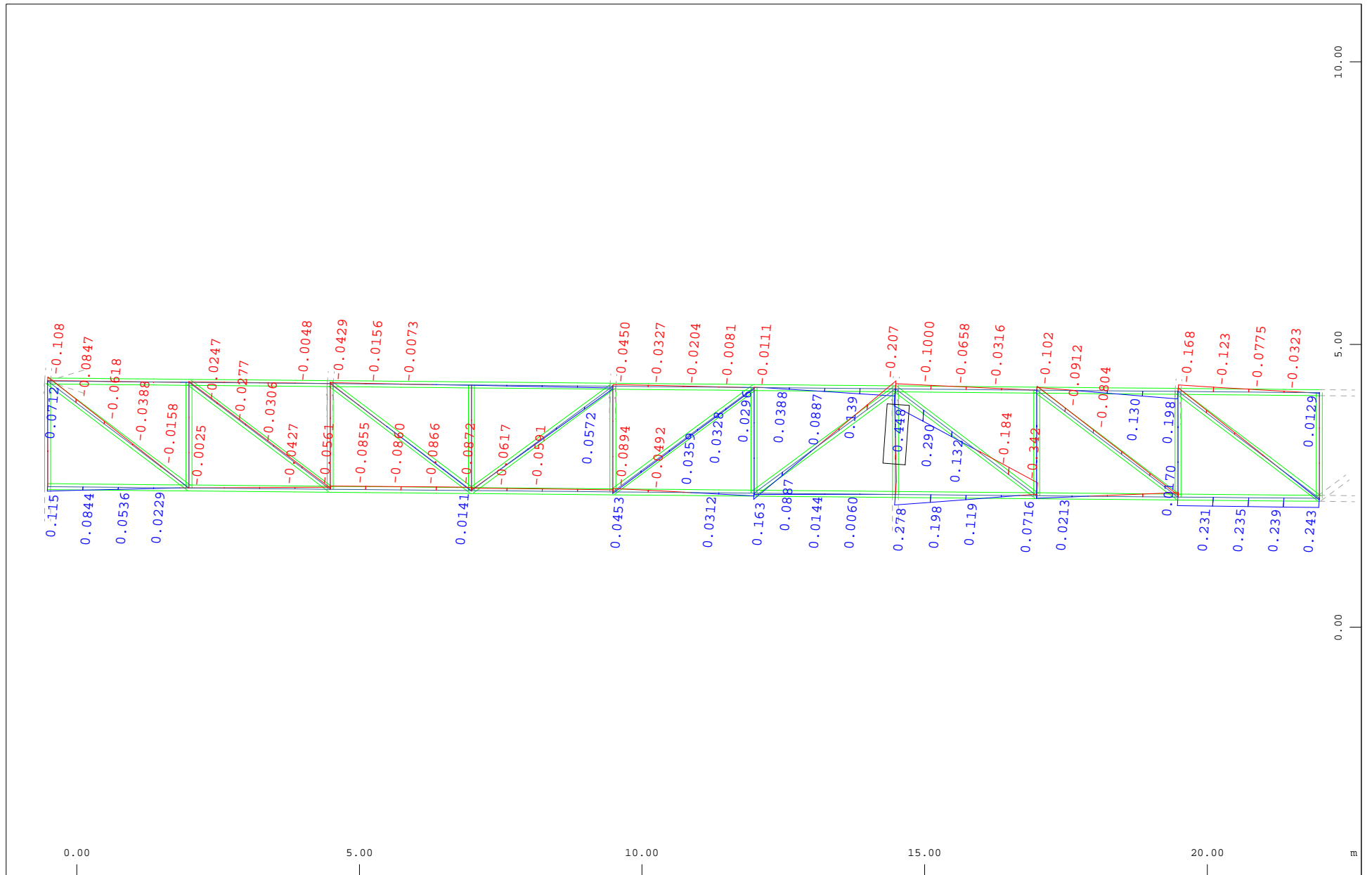
Beam Elements , Bending moment  $M_y$ , Loadcase 109122 MIN-N BEAM Forces in Beam Element , 1 cm 3D = 5.00 kNm (Min=-6.20) (Max=3.78)

M 1 : 94

X \* 0.358

Y \* 1.000

Z \* 0.934



Sector of system Beam Elements Group 101...105

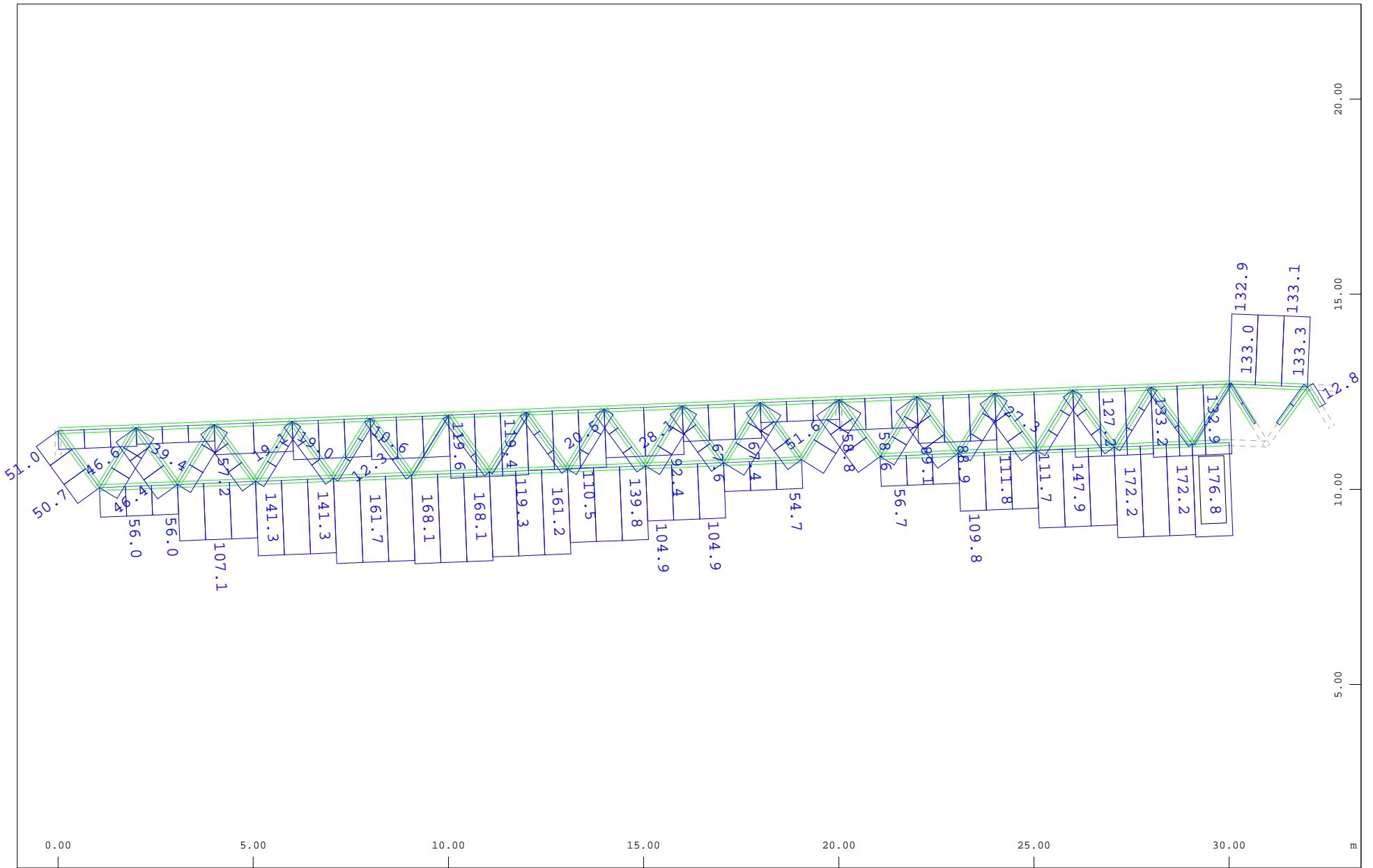
Beam Elements , Bending moment  $M_z$ , Loadcase 109122 MIN-N BEAM Forces in Beam Element , 1 cm 3D = 0.500 kNm (Min=-0.349) (Max=0.448)

M 1 : 94

X \* 0.358

Y \* 1.000

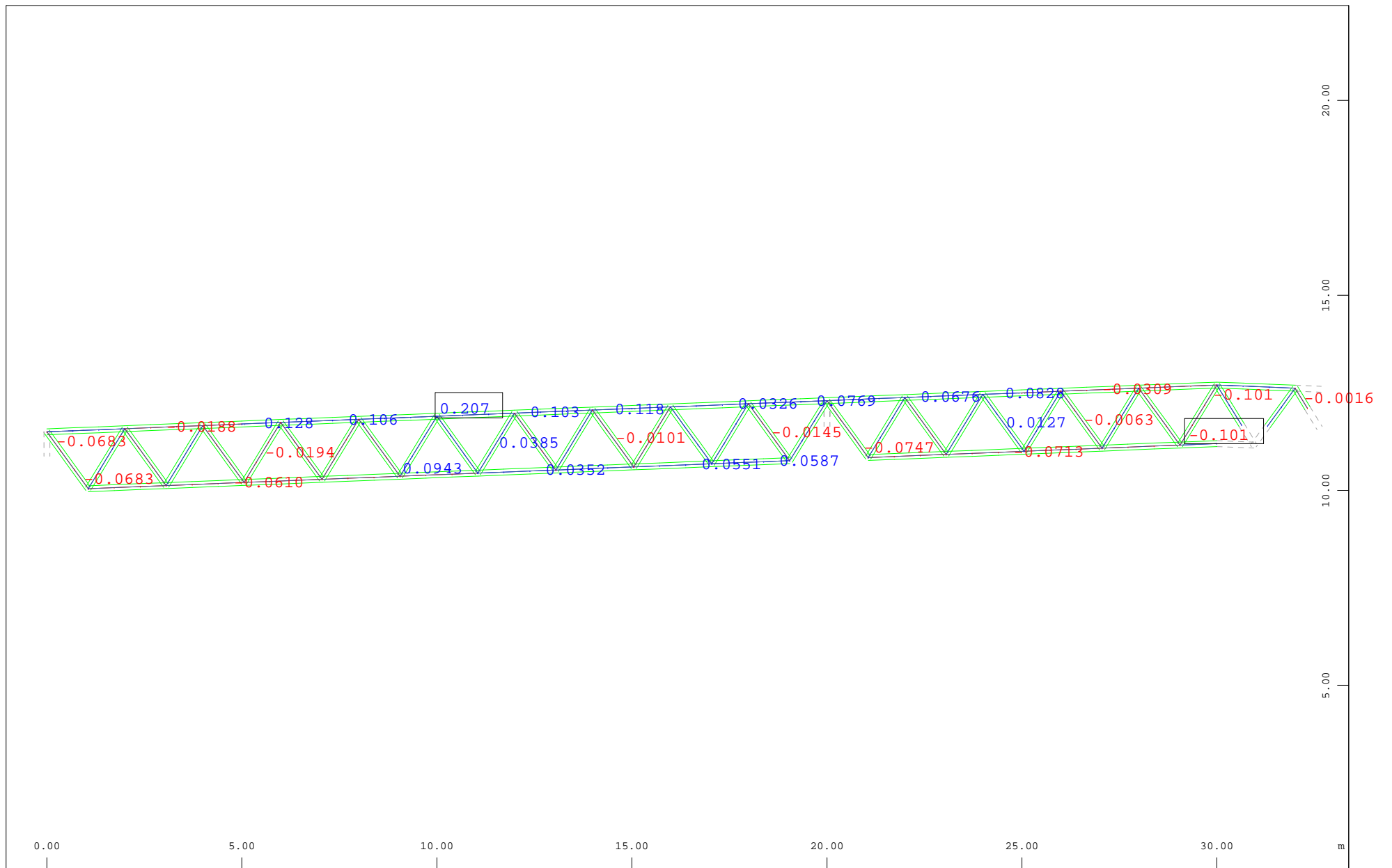
Z \* 0.934



z Sector of system Beam Elements Group 110 111 113

y-x Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 109121 MAX-N BEAM Forces in Beam Element , 1 cm 3D = 100.0 kN (Max=176.8)

M 1 : 135

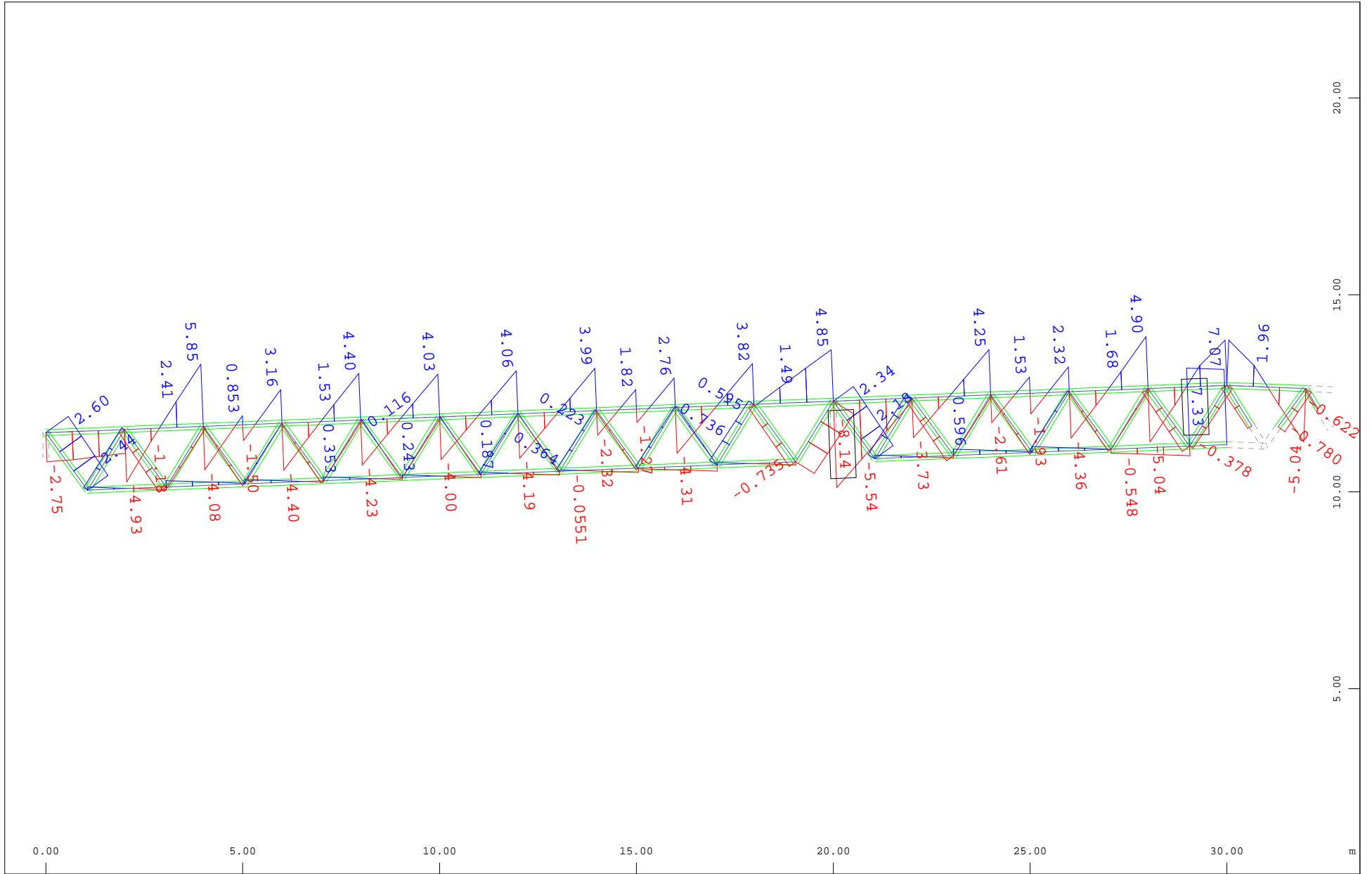


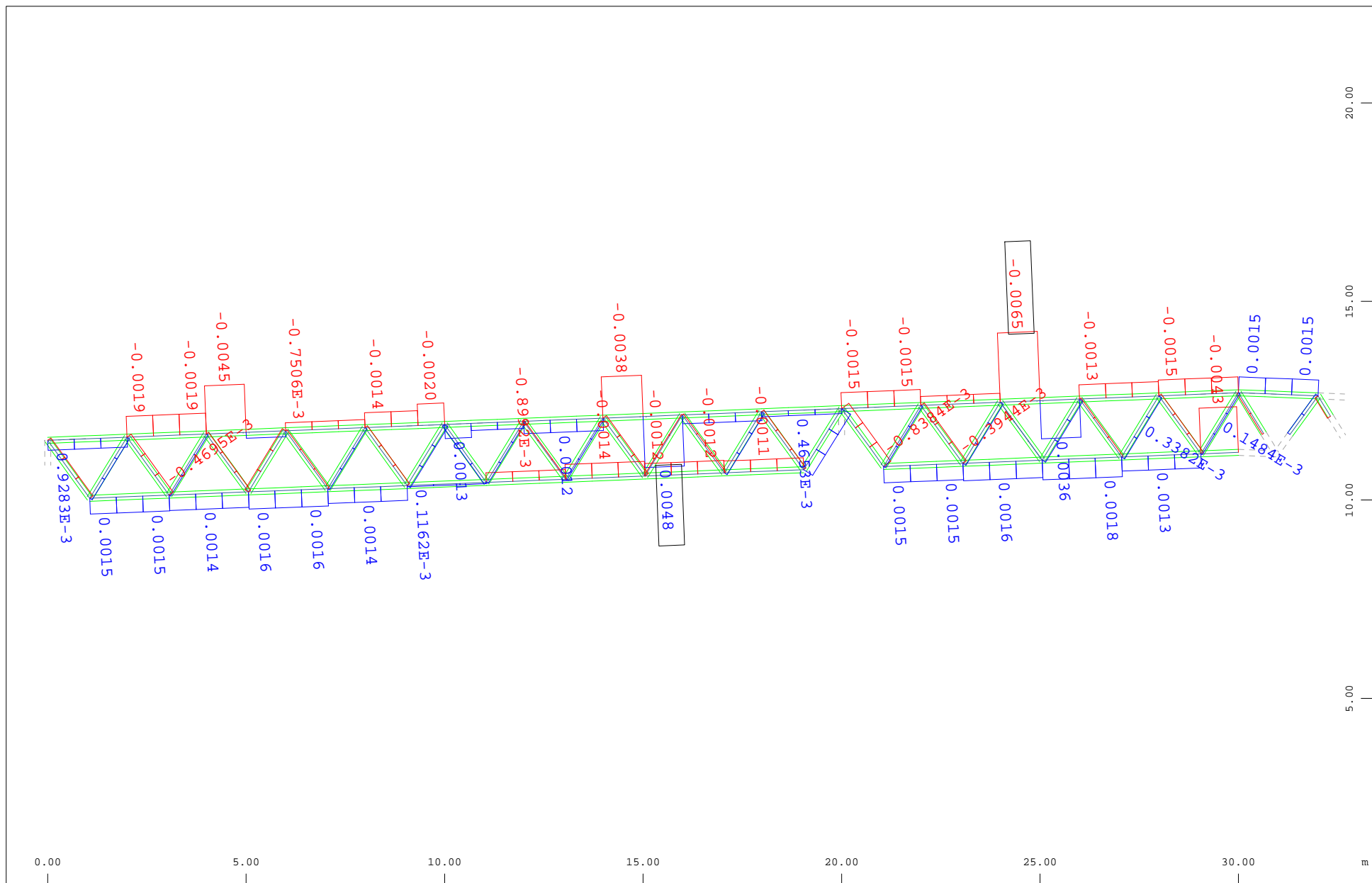
Sector of system Beam Elements Group 110 111 113

Beam Elements , Shear force  $V_y$ , Loadcase 109121 MAX-N BEAM Forces in Beam Element , 1 cm 3D = 0.200 kN (Min=-0.101) (Max=0.207)

M 1 : 135



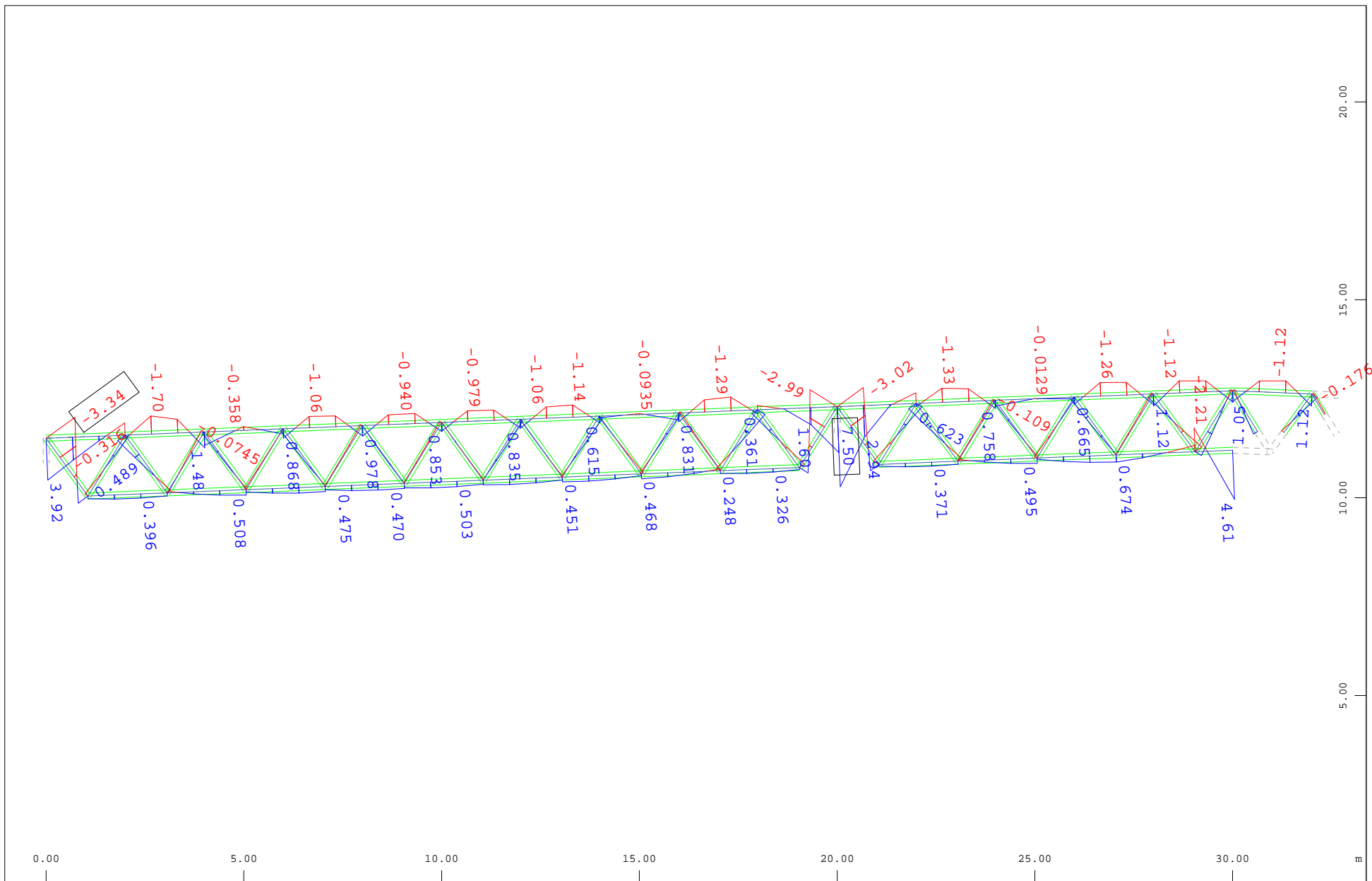




Sector of system Beam Elements Group 110 111 113

Beam Elements , Torsional moment Mt, Loadcase 109121 MAX-N BEAM Forces in Beam Element , 1 cm 3D = 0.0050 kNm (Min=-0.0065) (Max=0.0048)

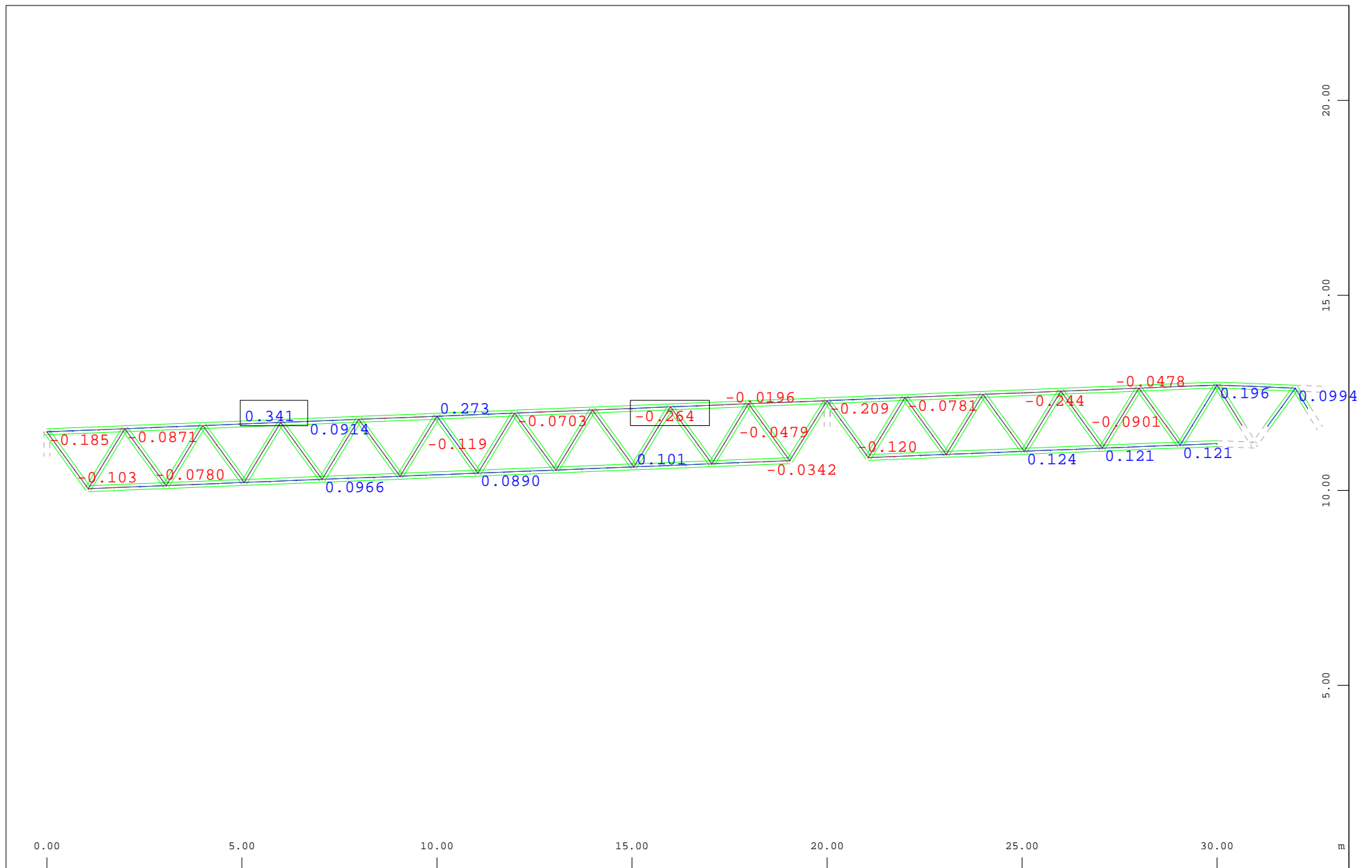
M 1 : 135



Sector of system Beam Elements Group 110 111 113

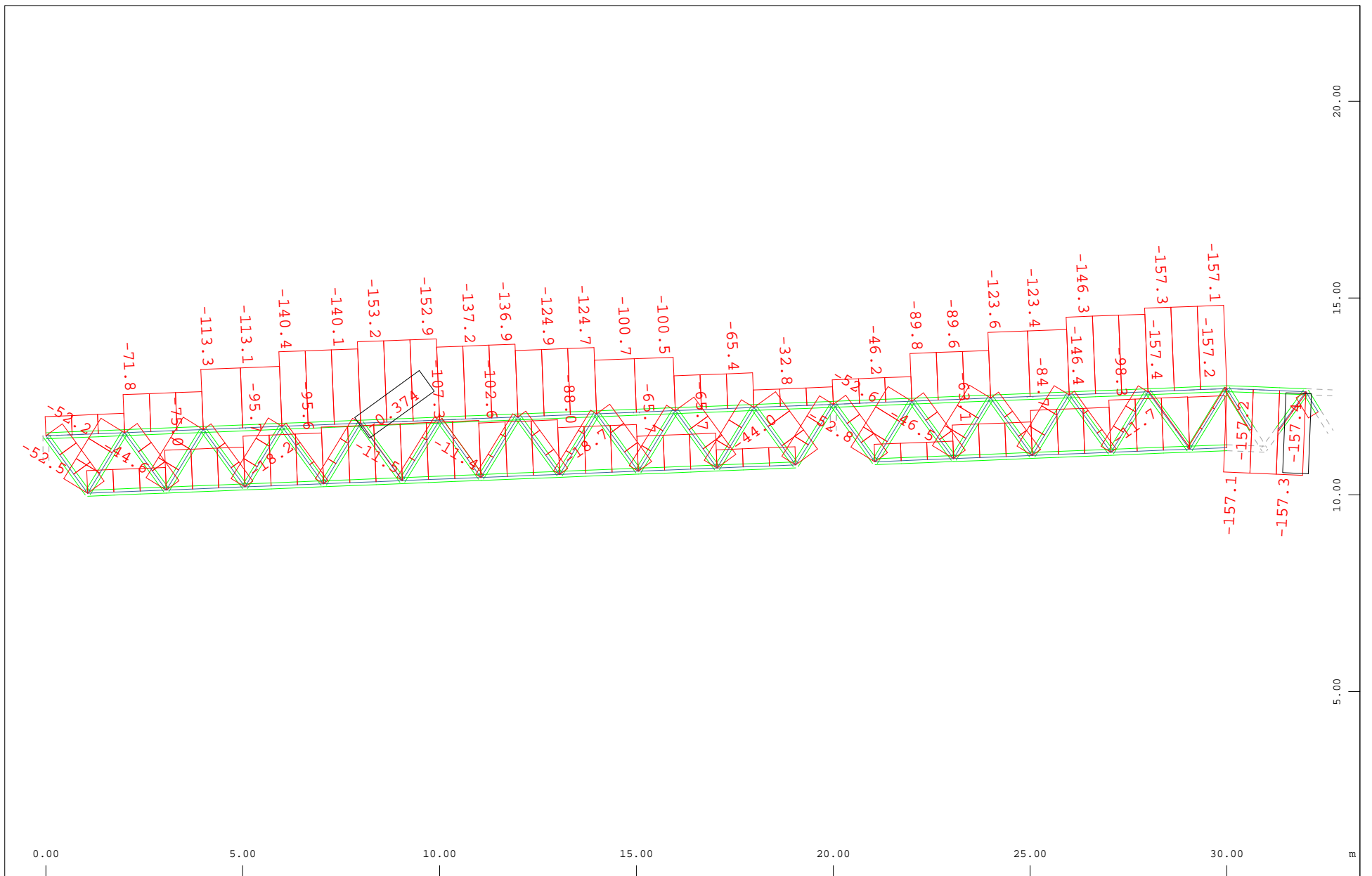
Beam Elements , Bending moment  $M_y$ , Loadcase 109121 MAX-N BEAM Forces in Beam Element , 1 cm 3D = 5.00 kNm (Min=-3.34) (Max=7.50)

M 1 : 135

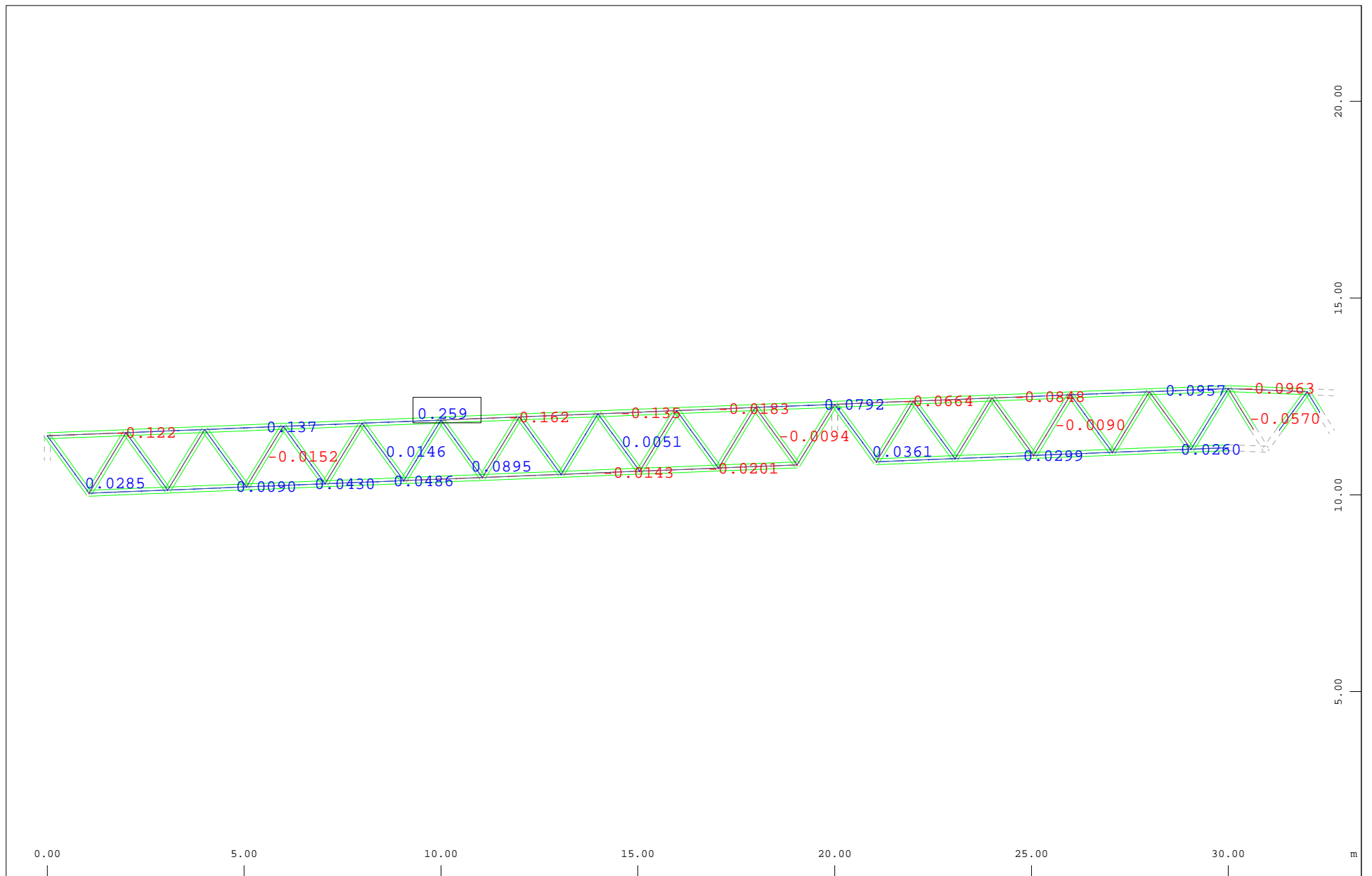


z Sector of system Beam Elements Group 110 111 113  
 y-x Beam Elements , Bending moment  $M_z$ , Loadcase 109121 MAX-N BEAM Forces in Beam Elemen , 1 cm 3D = 0.200 kNm (Min=-0.264) (Max=0.341)

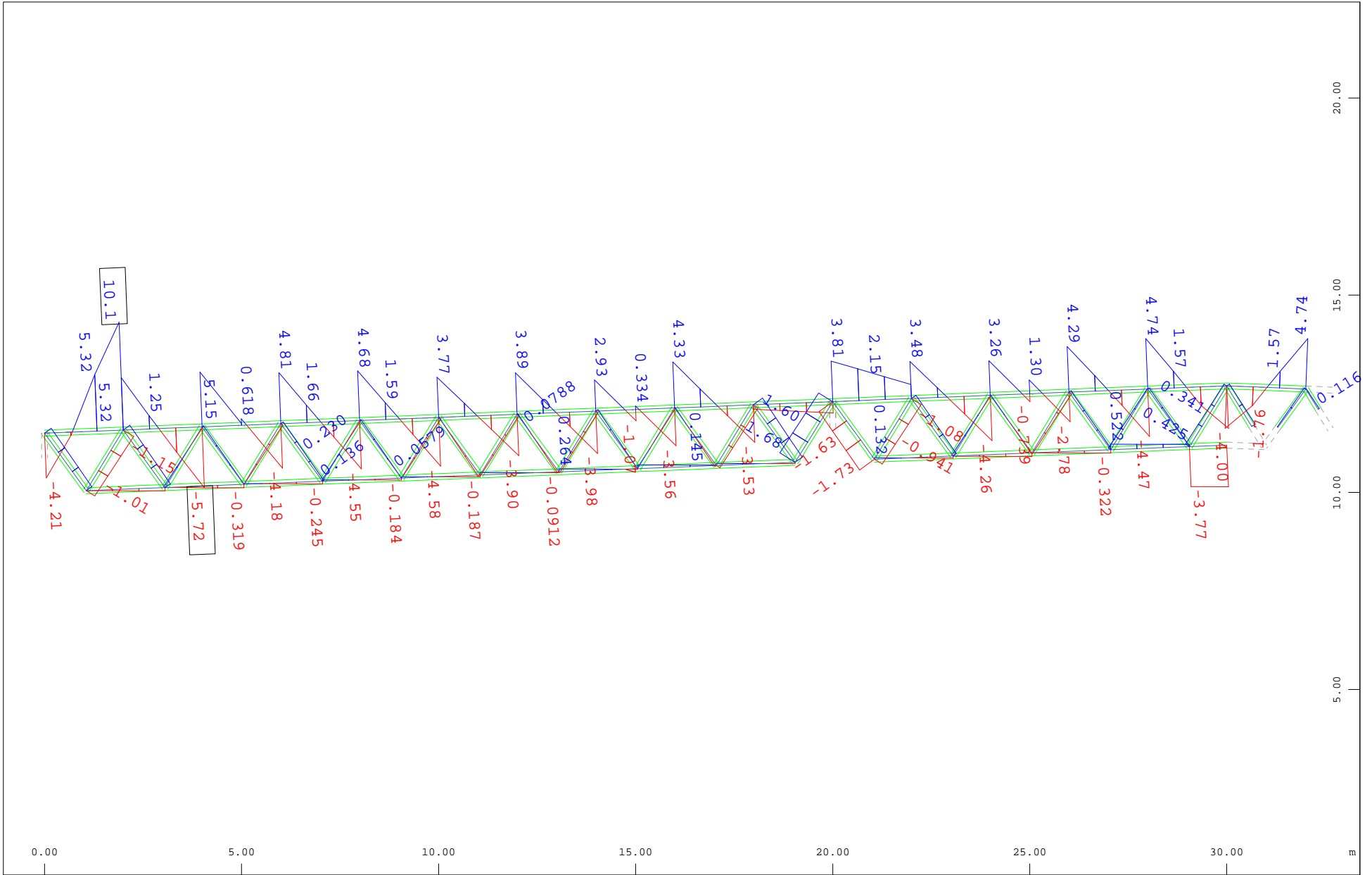
M 1 : 135



Sector of system Beam Elements Group 110 111 113  
 Beam Elements , Normal force  $N_x$ , Loadcase 109122 MIN-N BEAM Forces in Beam Element , 1 cm 3D = 100.0 kN (Min=-157.4) (Max=-0.374)

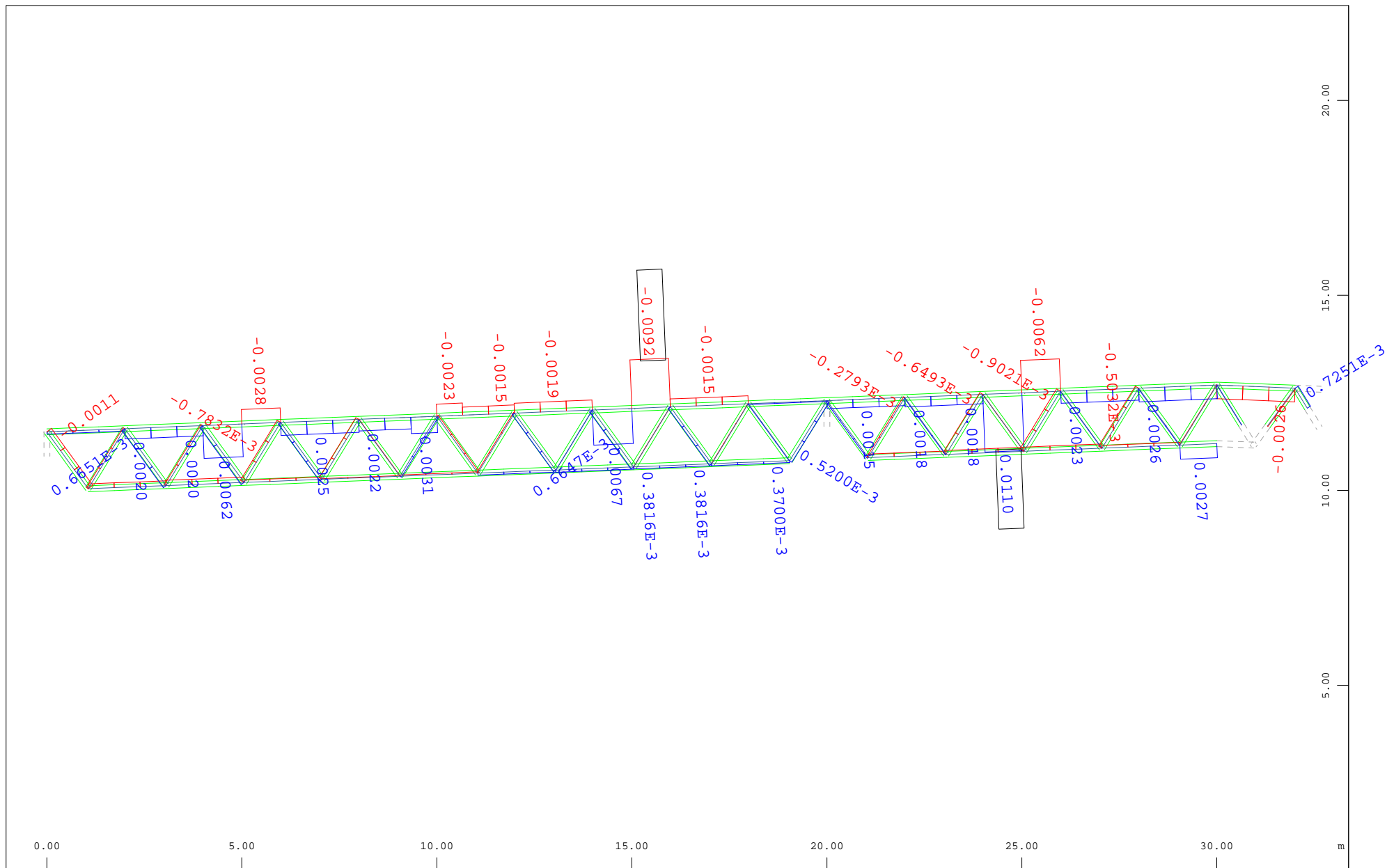


z Sector of system Beam Elements Group 110 111 113  
 y-x Beam Elements , Shear force  $V_y$ , Loadcase 109122 MIN-N BEAM Forces in Beam Elemen , 1 cm 3D = 0.200 kN (Min=-0.253) (Max=0.259)



Sector of system Beam Elements Group 110 111 113  
 Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 109122 MIN-N BEAM Forces in Beam Element , 1 cm 3D = 5.00 kN (Min=-5.72) (Max=10.1)

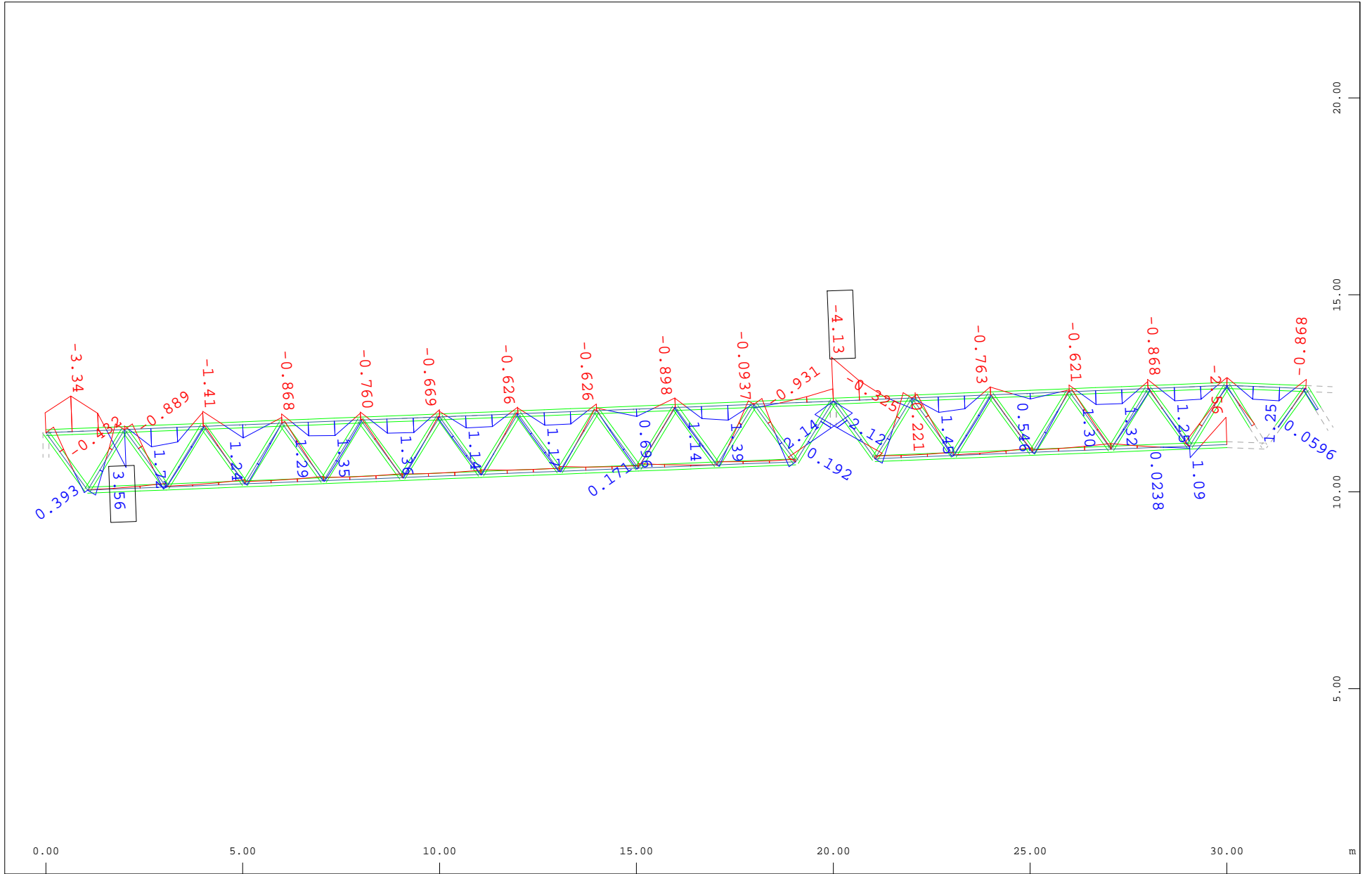




z Sector of system Beam Elements Group 110 111 113

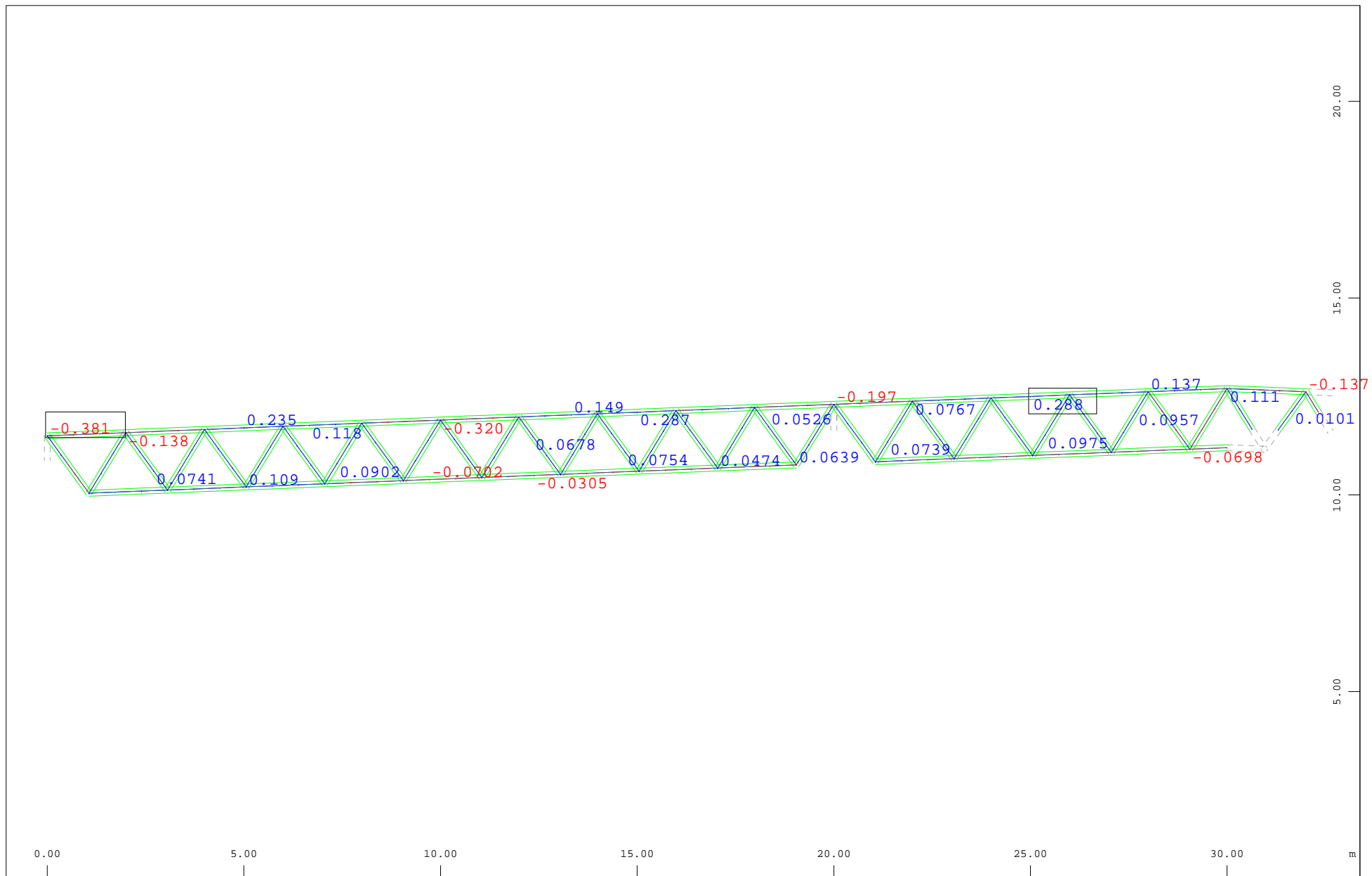
x Beam Elements , Torsional moment Mt, Loadcase 109122 MIN-N BEAM Forces in Beam Element , 1 cm 3D = 0.0100 kNm (Min=-0.0092) (Max=0.0110)

M 1 : 135



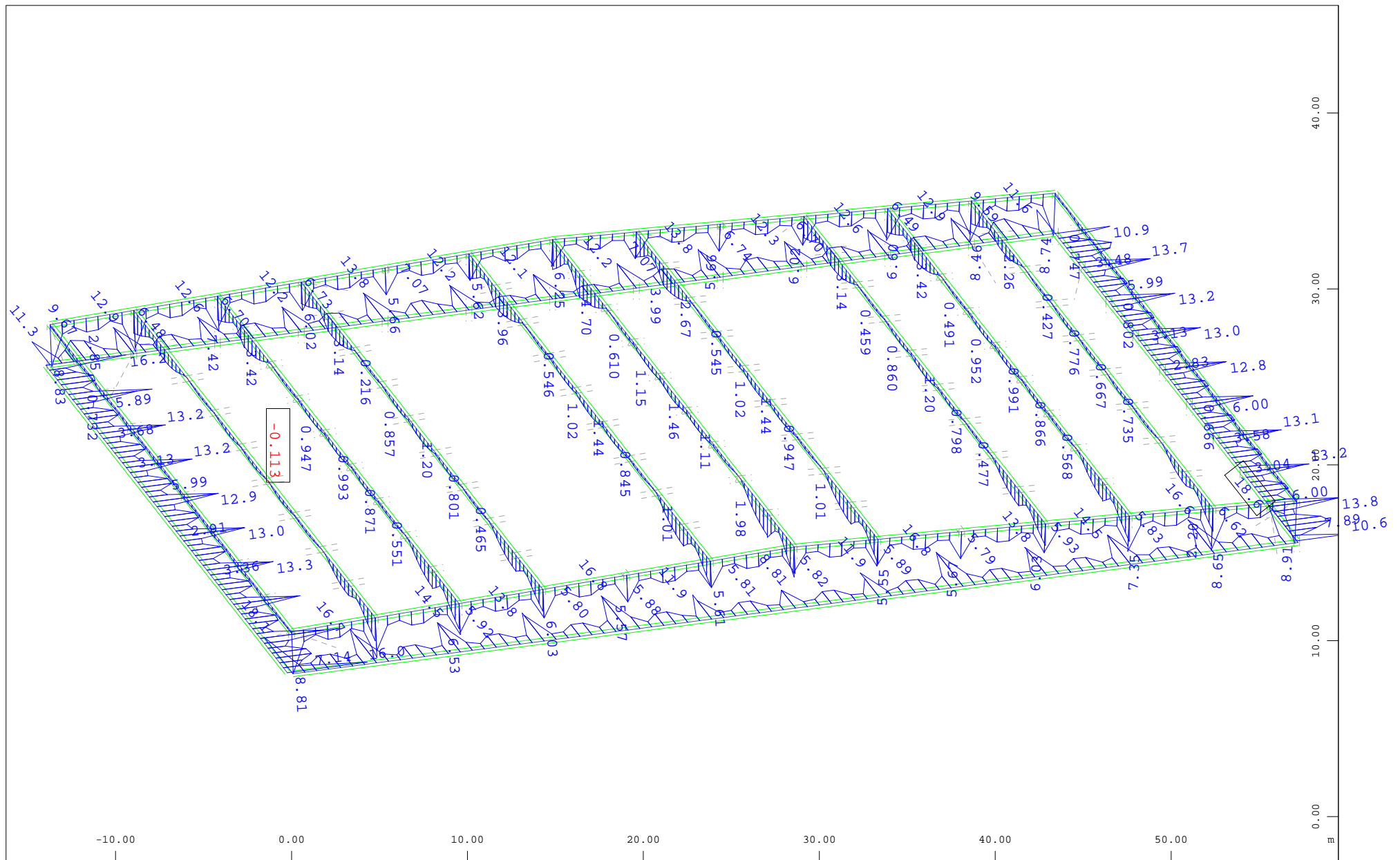
z Sector of system Beam Elements Group 110 111 113  
 x Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 109122 MIN-N BEAM Forces in Beam Element , 1 cm 3D = 5.00 kNm (Min=-4.13) (Max=3.56)

M 1 : 135



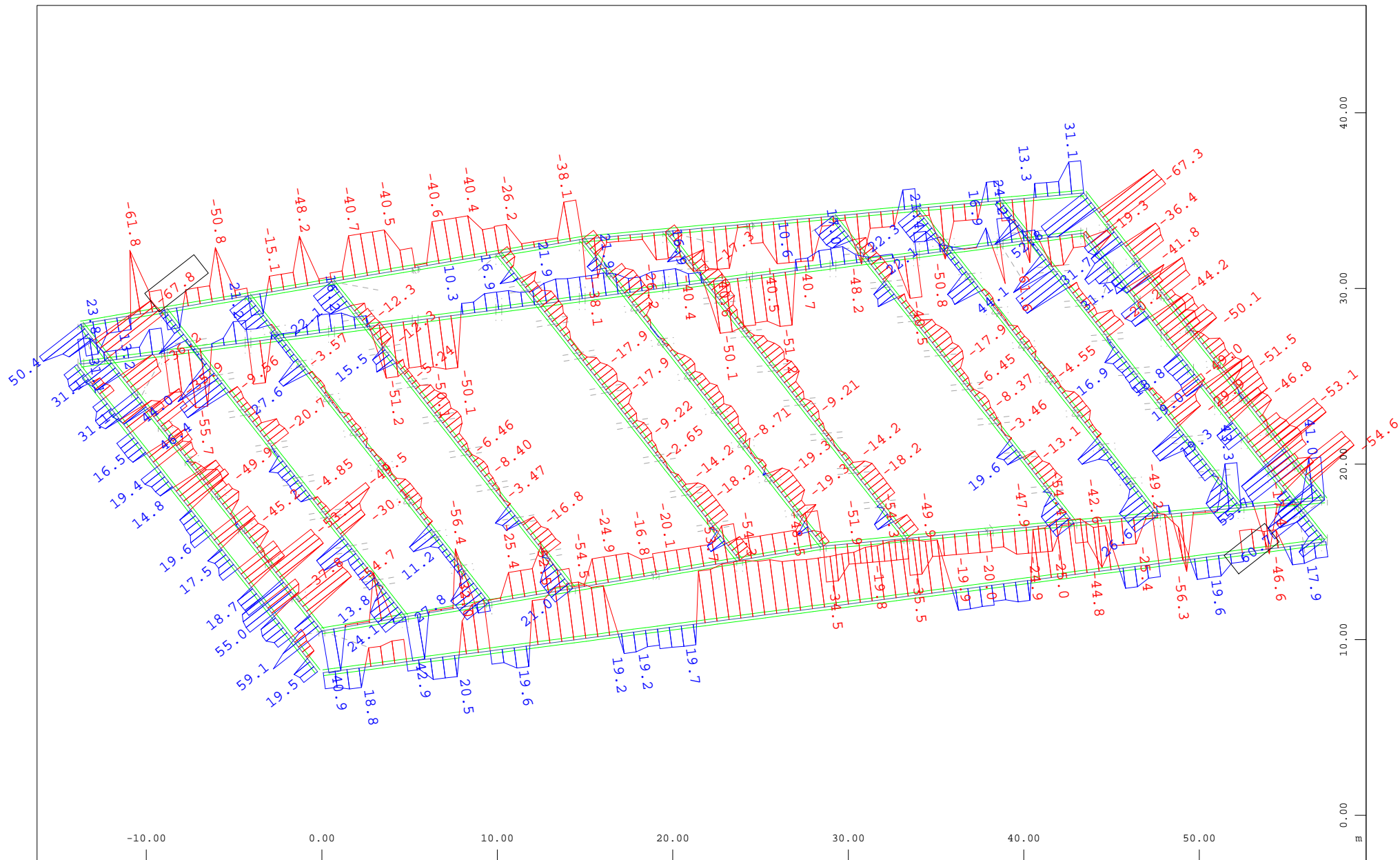
Z Sector of system Beam Elements Group 110 111 113  
 X Beam Elements , Bending moment  $M_z$ , Loadcase 109122 MIN-N BEAM Forces in Beam Elemen , 1 cm 3D = 0.200 kNm (Min=-0.381) (Max=0.288)

M 1 : 135



Sector of system Beam Elements Group 120 121 131 160  
 Beam Elements , Bending moment  $M_y$ , Loadcase 109129 MAX-MY BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 10.0 kNm (Min=-0.113) (Max=18.6)

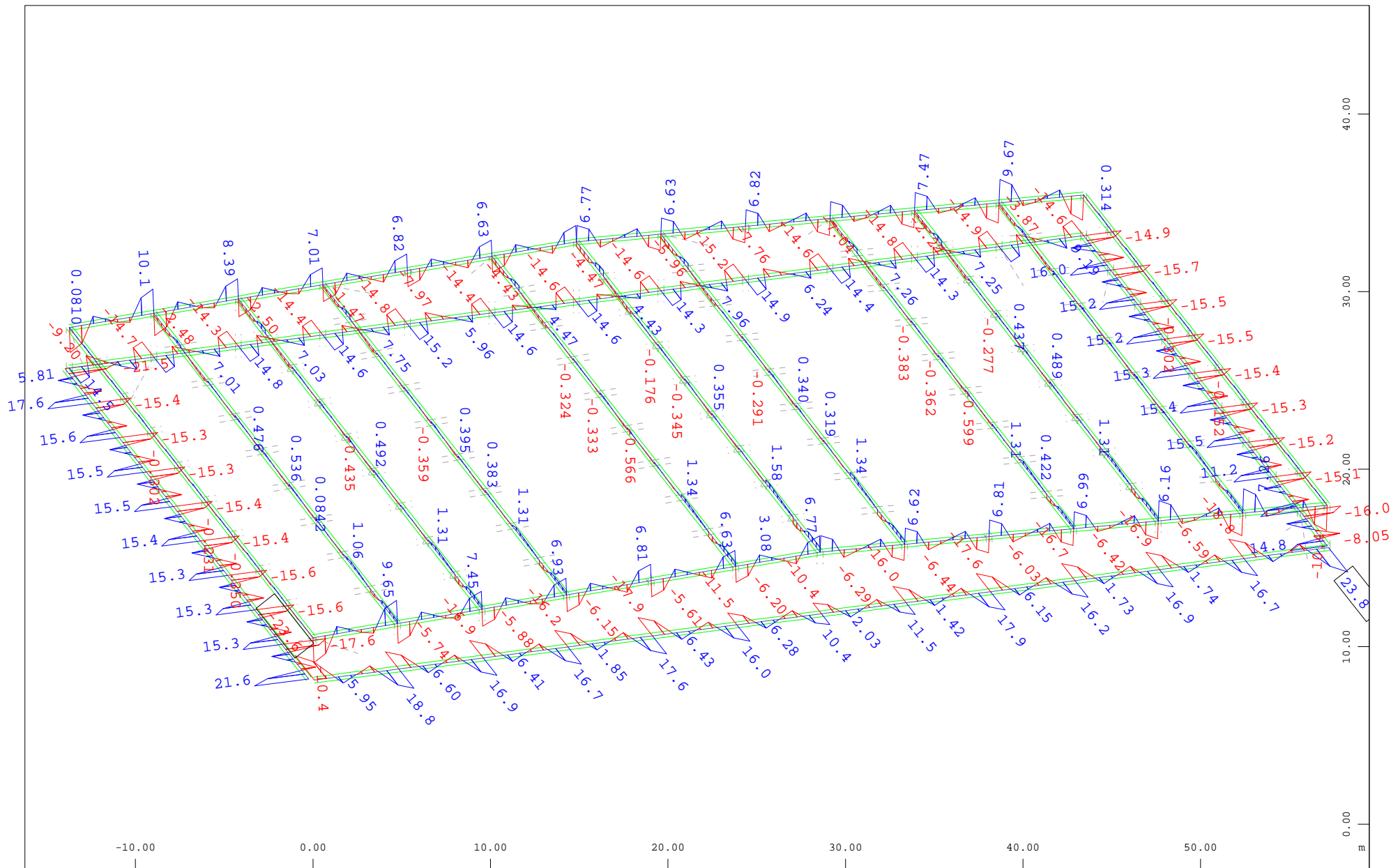
M 1 : 297  
 X \* 0.960  
 Y \* 0.494  
 Z \* 0.913



Sector of system Beam Elements Group 120 121 131 160  
 Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 109129 MAX-MY BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 50.0 kN (Min=-67.8) (Max=60.7)

M 1 : 297  
 X \* 0.960  
 Y \* 0.494  
 Z \* 0.913



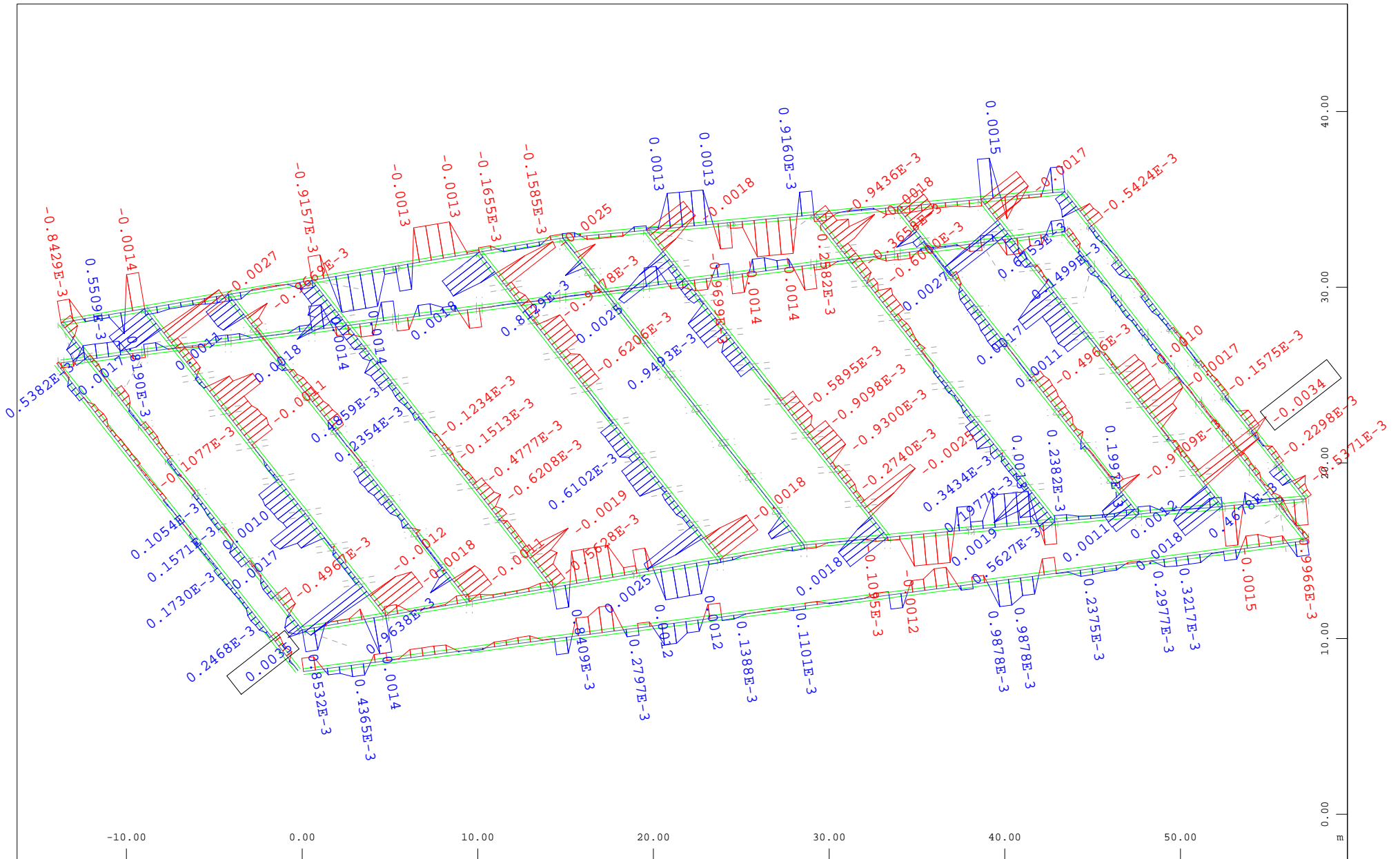


Sector of system Beam Elements Group 120 121 131 160  
 Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 109129 MAX-MY BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 20.0 kN (Min=-23.6) (Max=23.8)

M 1 : 297

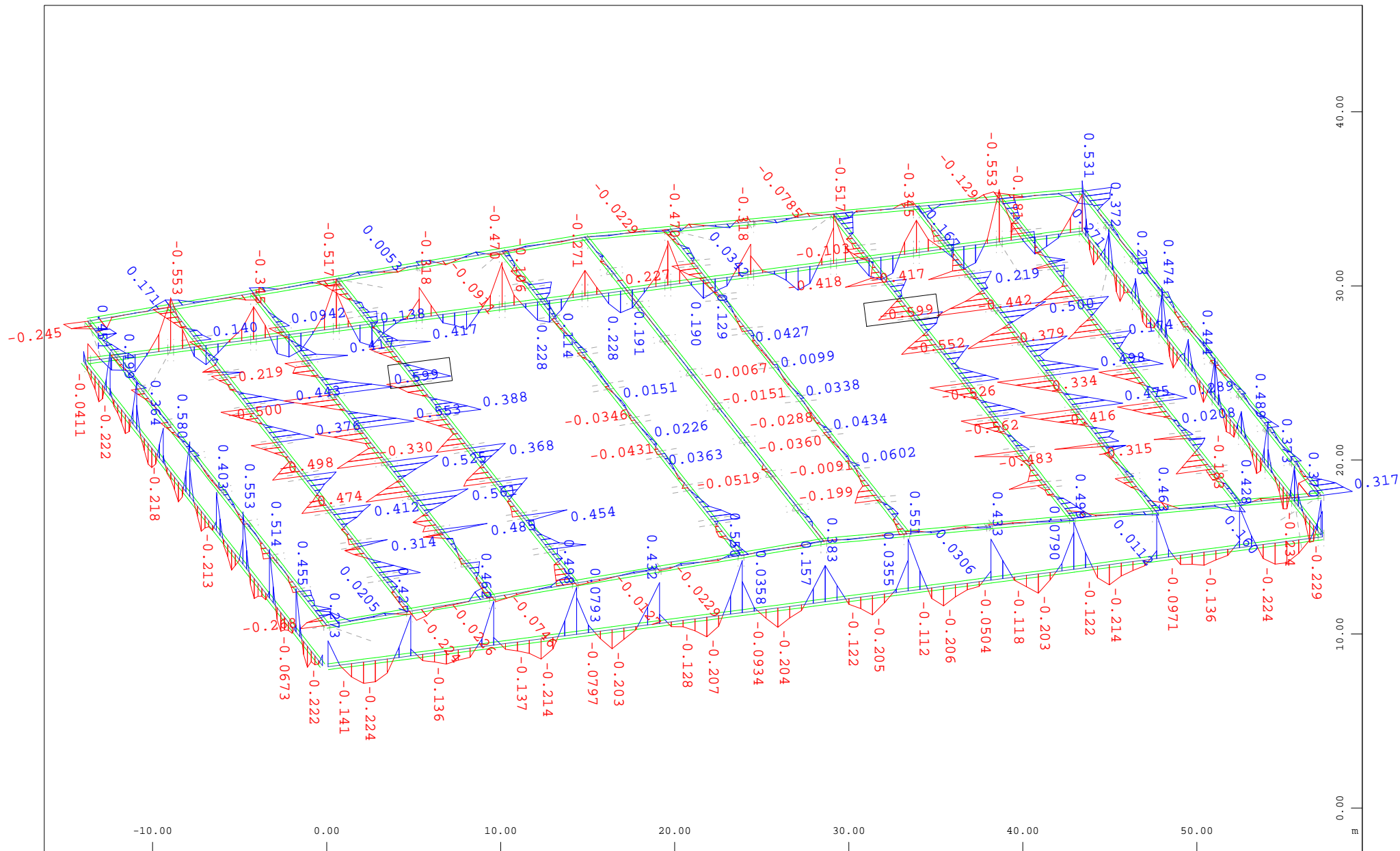
X \* 0.960  
 Y \* 0.494  
 Z \* 0.913





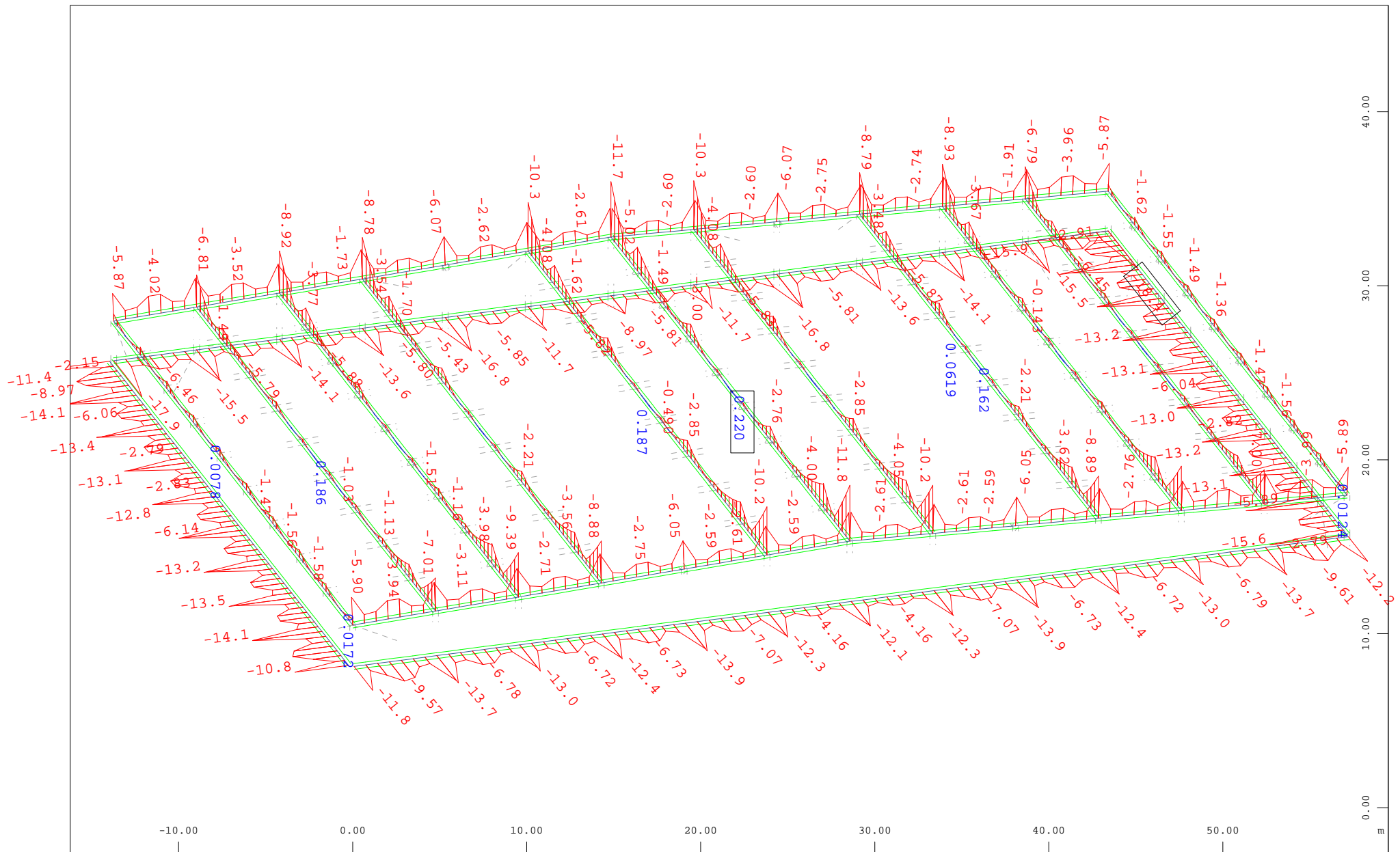
Sector of system Beam Elements Group 120 121 131 160  
 Beam Elements , Torsional moment Mt, Loadcase 109129 MAX-MY BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 0.0020 kNm (Min=-0.0034) (Max=0.0035)

M 1 : 297  
 X \* 0.960  
 Y \* 0.494  
 Z \* 0.913



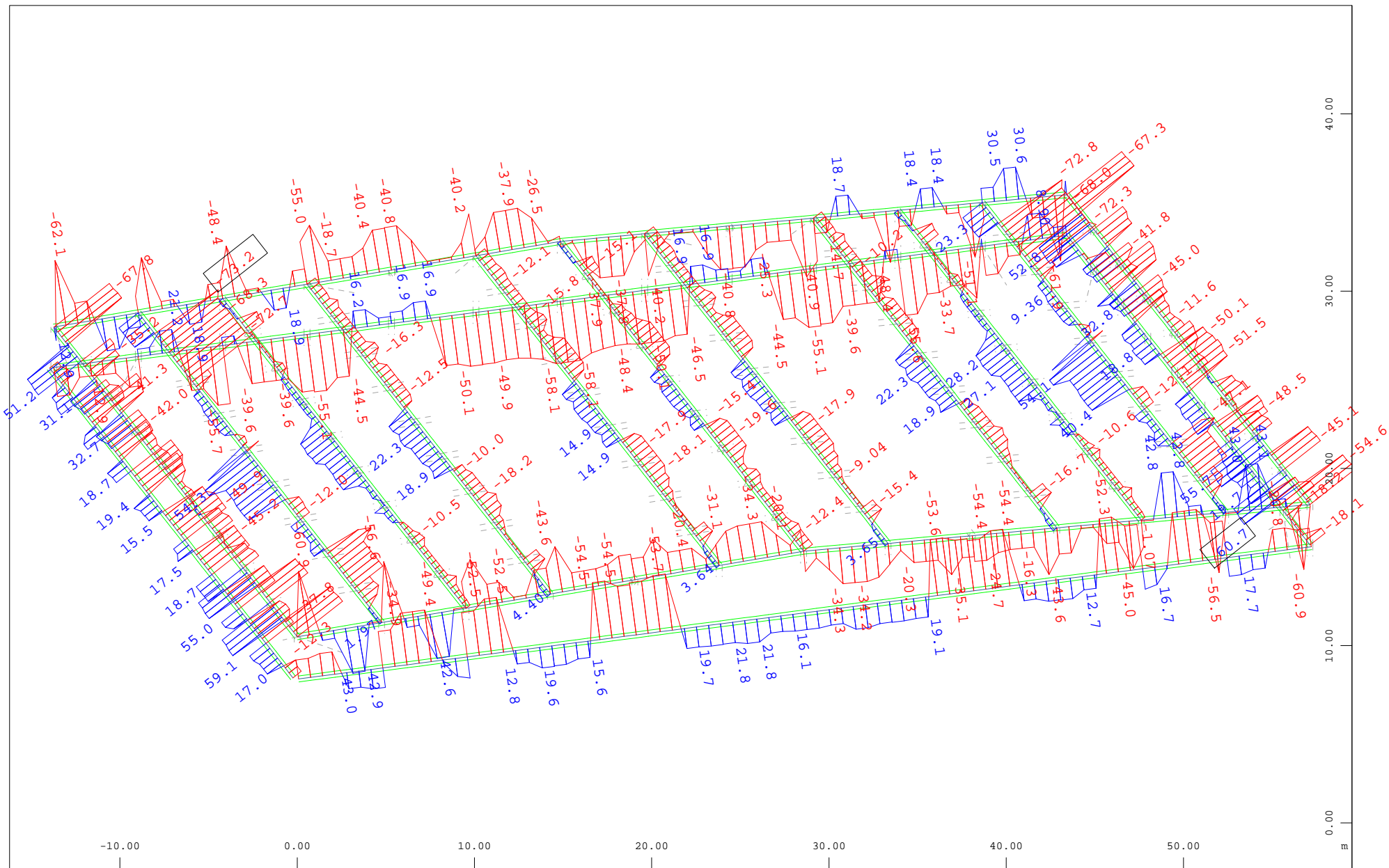
Sector of system Beam Elements Group 120 121 131 160  
 Beam Elements , Bending moment Mz, Loadcase 109129 MAX-MY BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 0.500 kNm (Min=-0.599) (Max=0.599)

M 1 : 297  
 X \* 0.960  
 Y \* 0.494  
 Z \* 0.913



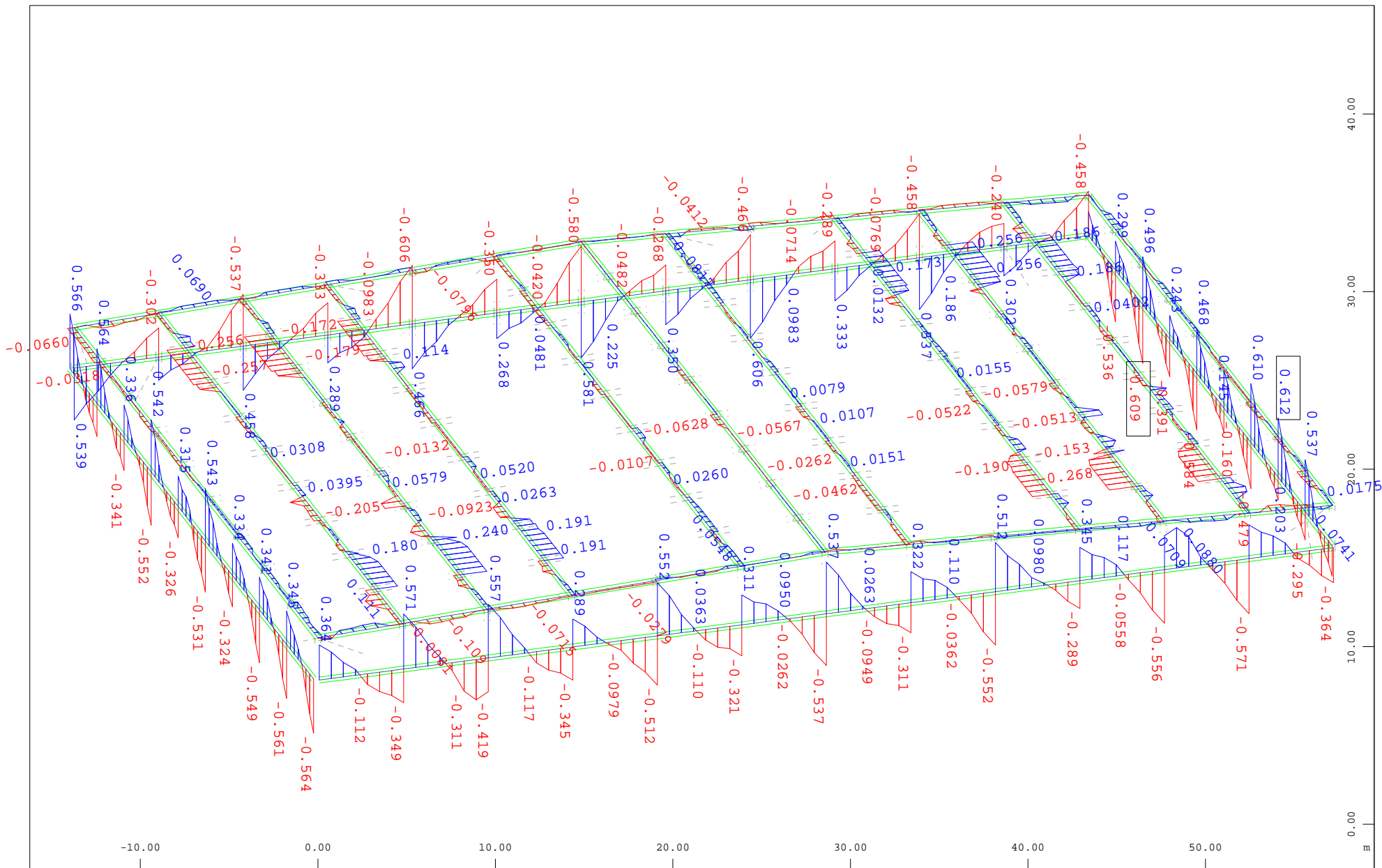
Sector of system Beam Elements Group 120 121 131 160  
 Beam Elements , Bending moment  $M_y$ , Loadcase 109130 MIN- $M_y$  BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 10.0 kNm (Min=-18.4) (Max=0.220)

M 1 : 297  
 X \* 0.960  
 Y \* 0.494  
 Z \* 0.913



Sector of system Beam Elements Group 120 121 131 160  
 Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 109130 MIN-MY BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 50.0 kN (Min=-73.2) (Max=60.7)

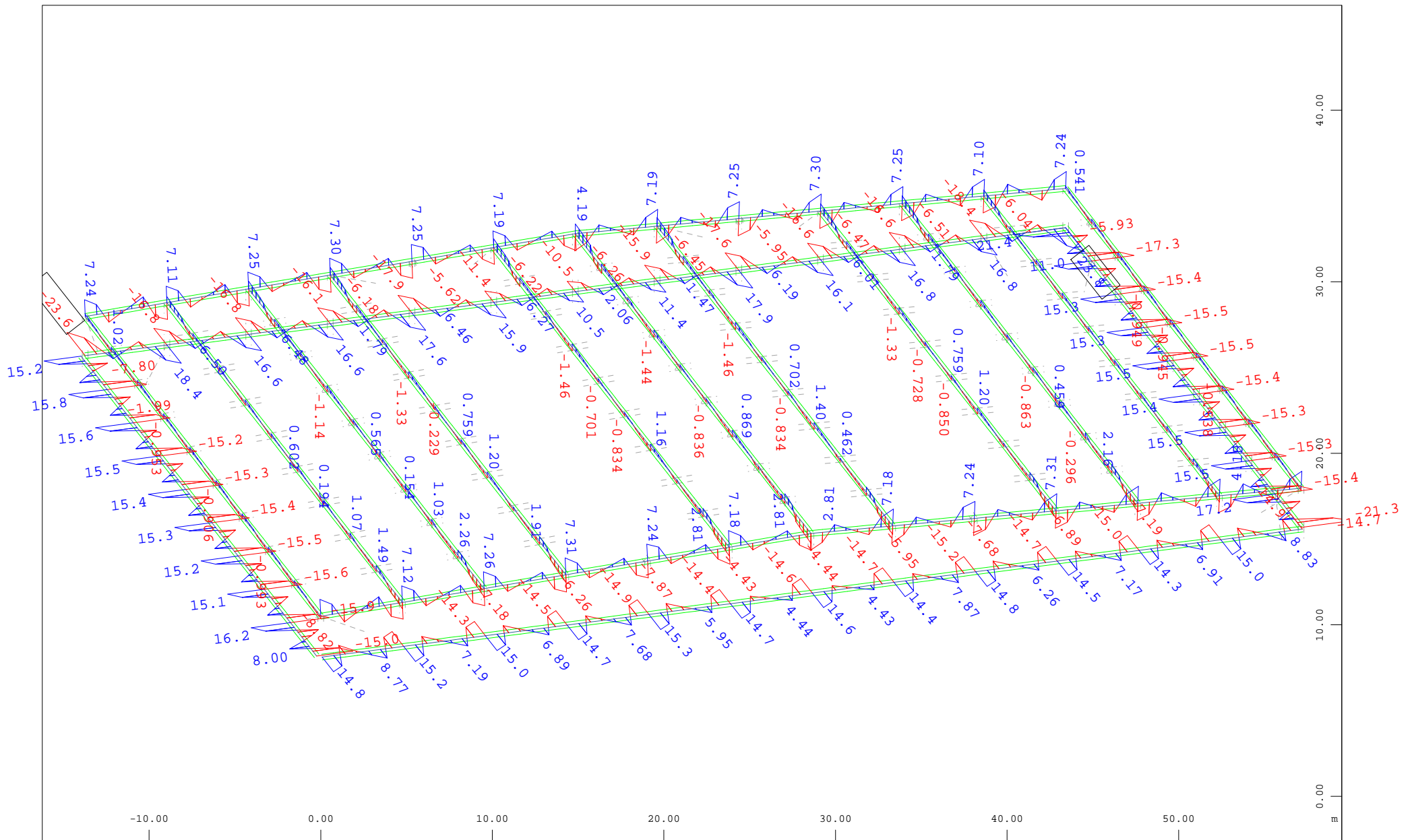
M 1 : 297  
 X \* 0.960  
 Y \* 0.494  
 Z \* 0.913



Sector of system Beam Elements Group 120 121 131 160  
 Beam Elements , Shear force Vy, Loadcase 109130 MIN-MY BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 0.500 kN (Min=-0.609) (Max=0.612)

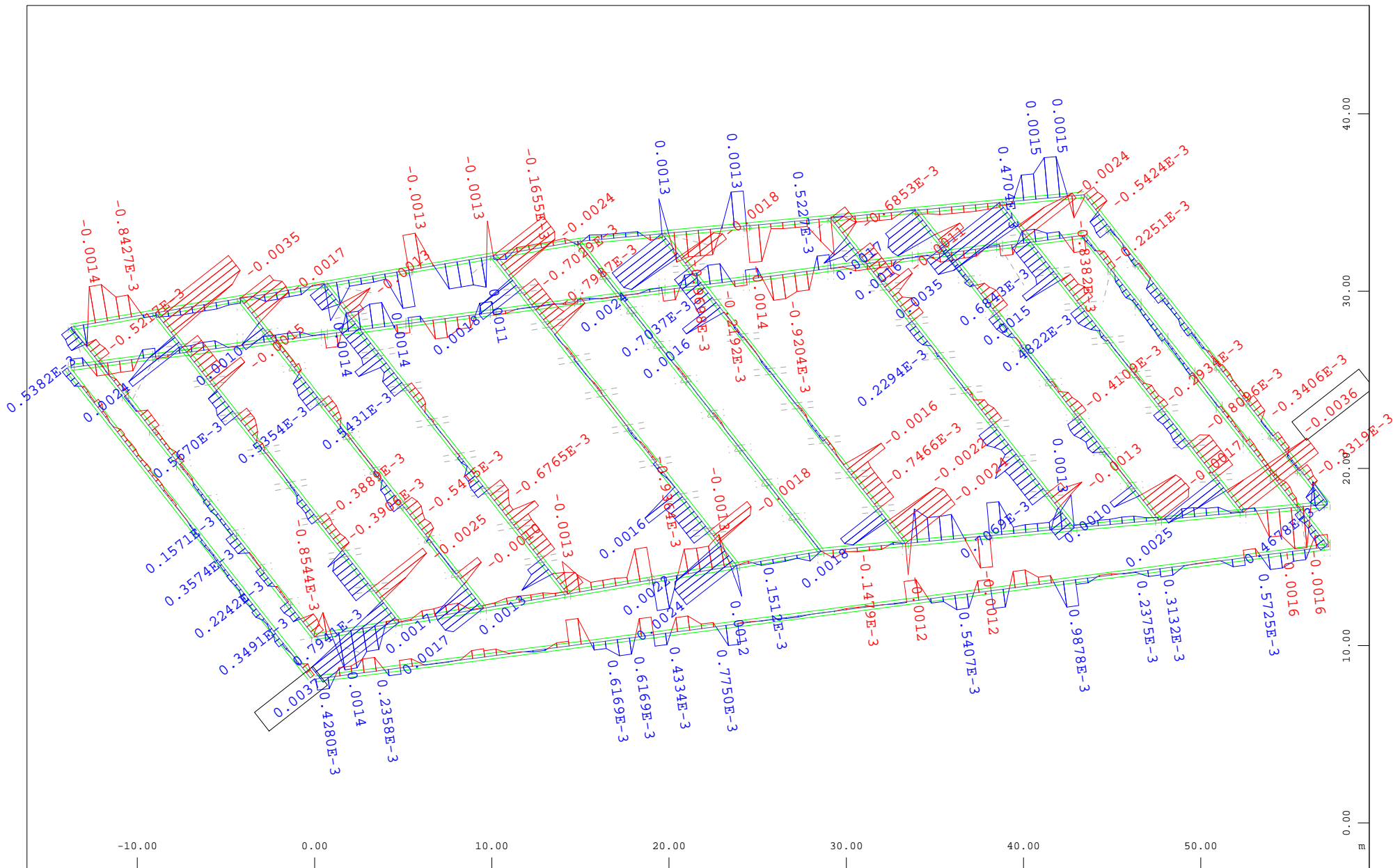
M 1 : 297  
 X \* 0.960  
 Y \* 0.494  
 Z \* 0.913





Sector of system Beam Elements Group 120 121 131 160  
 Beam Elements , Shear force  $V_z$ , Loadcase 109130 MIN-MY BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 20.0 kN (Min=-23.6) (Max=23.8)

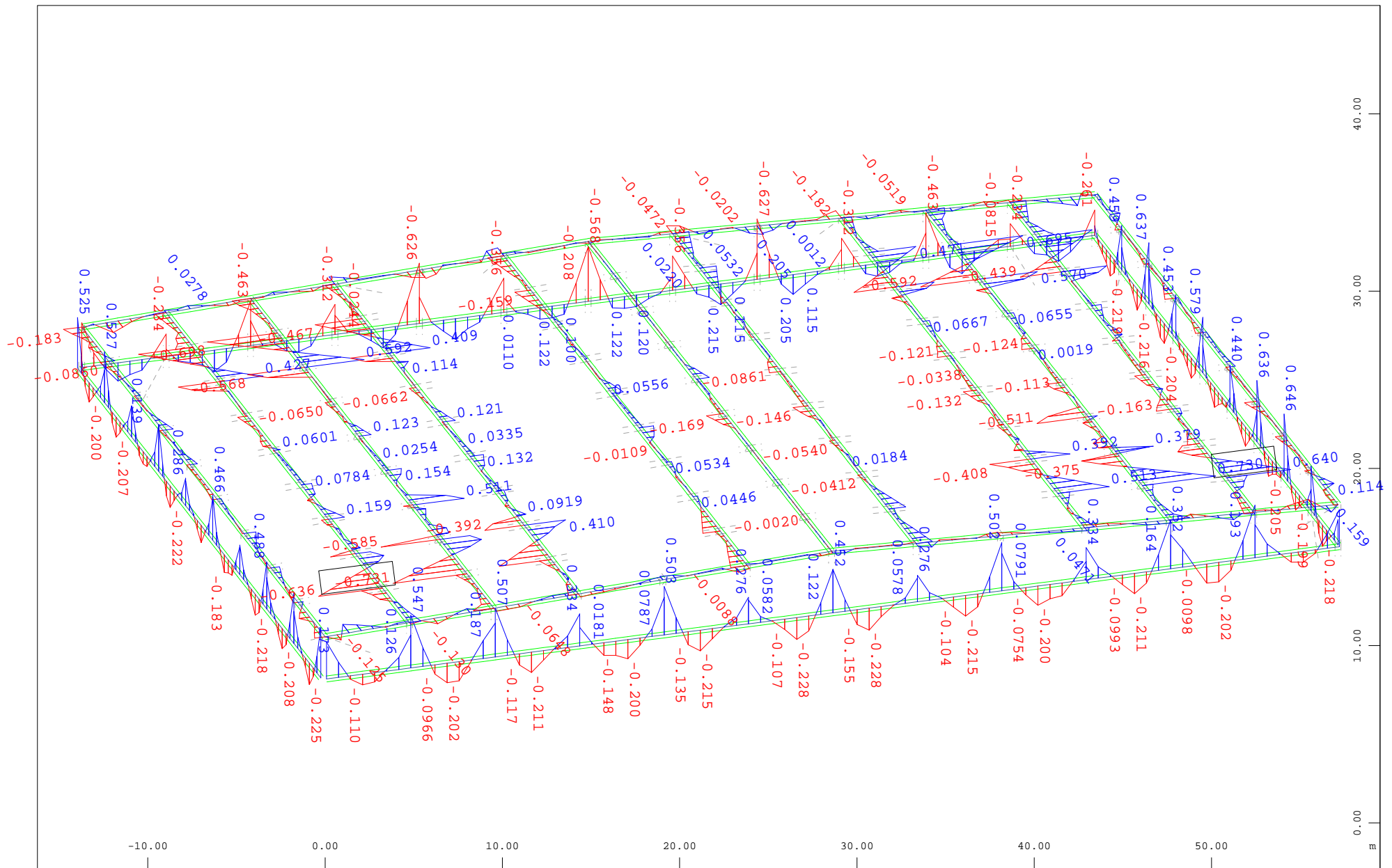
M 1 : 297  
 X \* 0.960  
 Y \* 0.494  
 Z \* 0.913



Sector of system Beam Elements Group 120 121 131 160  
 Beam Elements , Torsional moment  $M_t$ , Loadcase 109130 MIN-MY BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 0.0020 kNm (Min=-0.0036) (Max=0.0037)

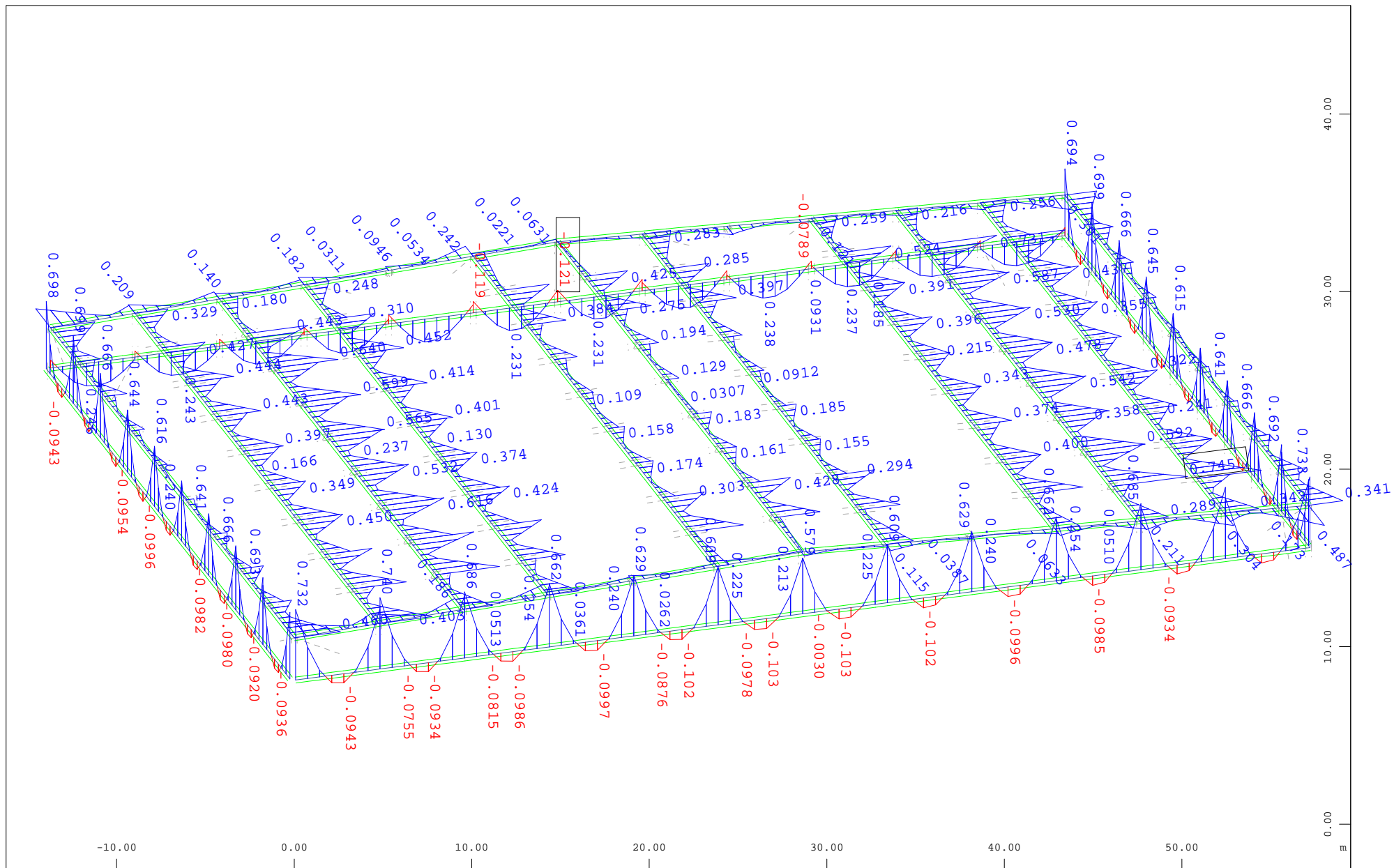
M 1 : 297  
 X \* 0.960  
 Y \* 0.494  
 Z \* 0.913





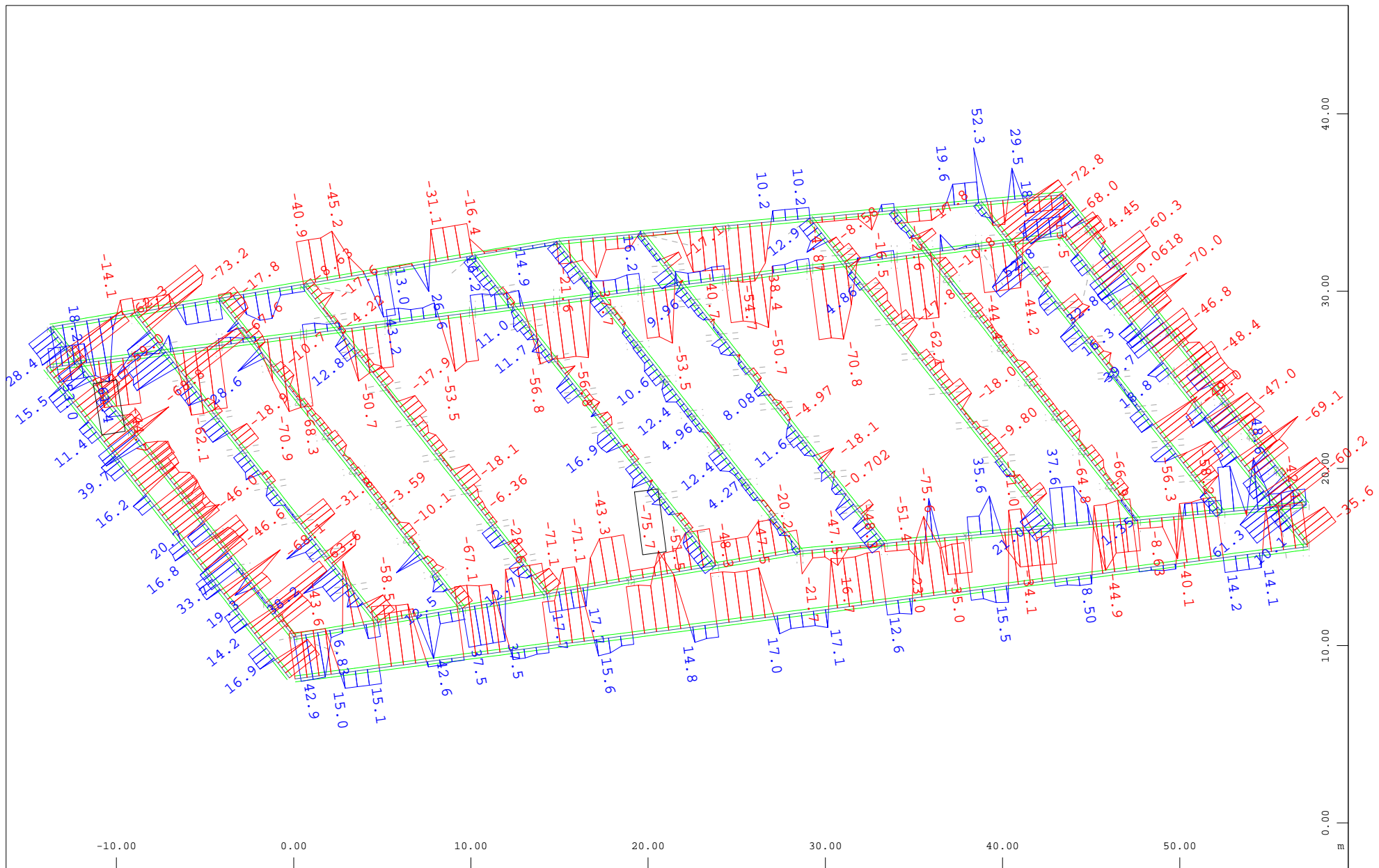
Sector of system Beam Elements Group 120 121 131 160  
 Beam Elements , Bending moment  $M_z$ , Loadcase 109130 MIN-MY BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 0.500 kNm (Min=-0.731) (Max=0.730)

M 1 : 297  
 X \* 0.960  
 Y \* 0.494  
 Z \* 0.913



Sector of system Beam Elements Group 120 121 131 160  
 Beam Elements , Bending moment  $M_z$ , Loadcase 109131 MAX- $M_z$  BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 0.500 kNm (Min=-0.121) (Max=0.745)

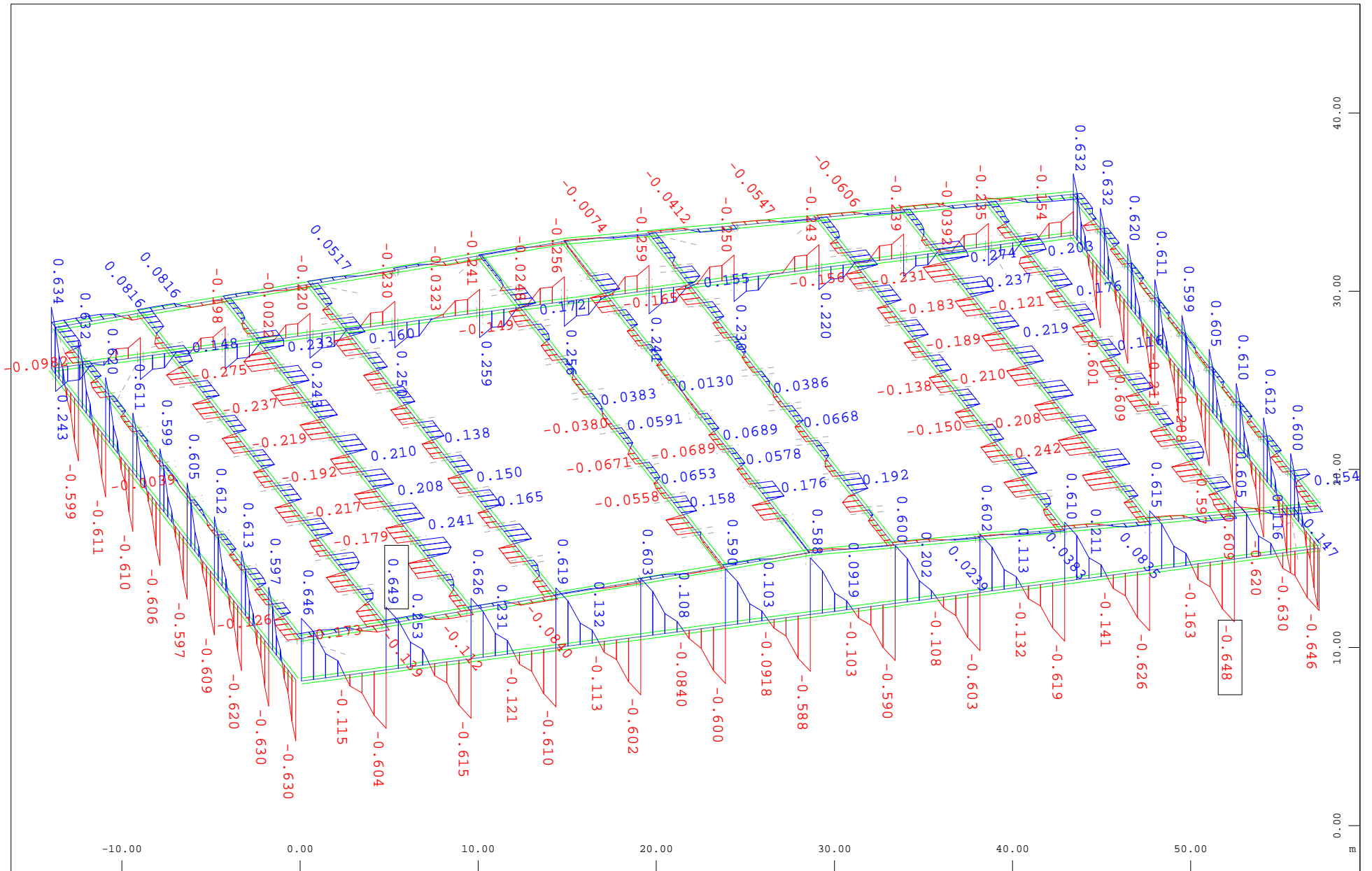
M 1 : 297  
 X \* 0.960  
 Y \* 0.494  
 Z \* 0.913

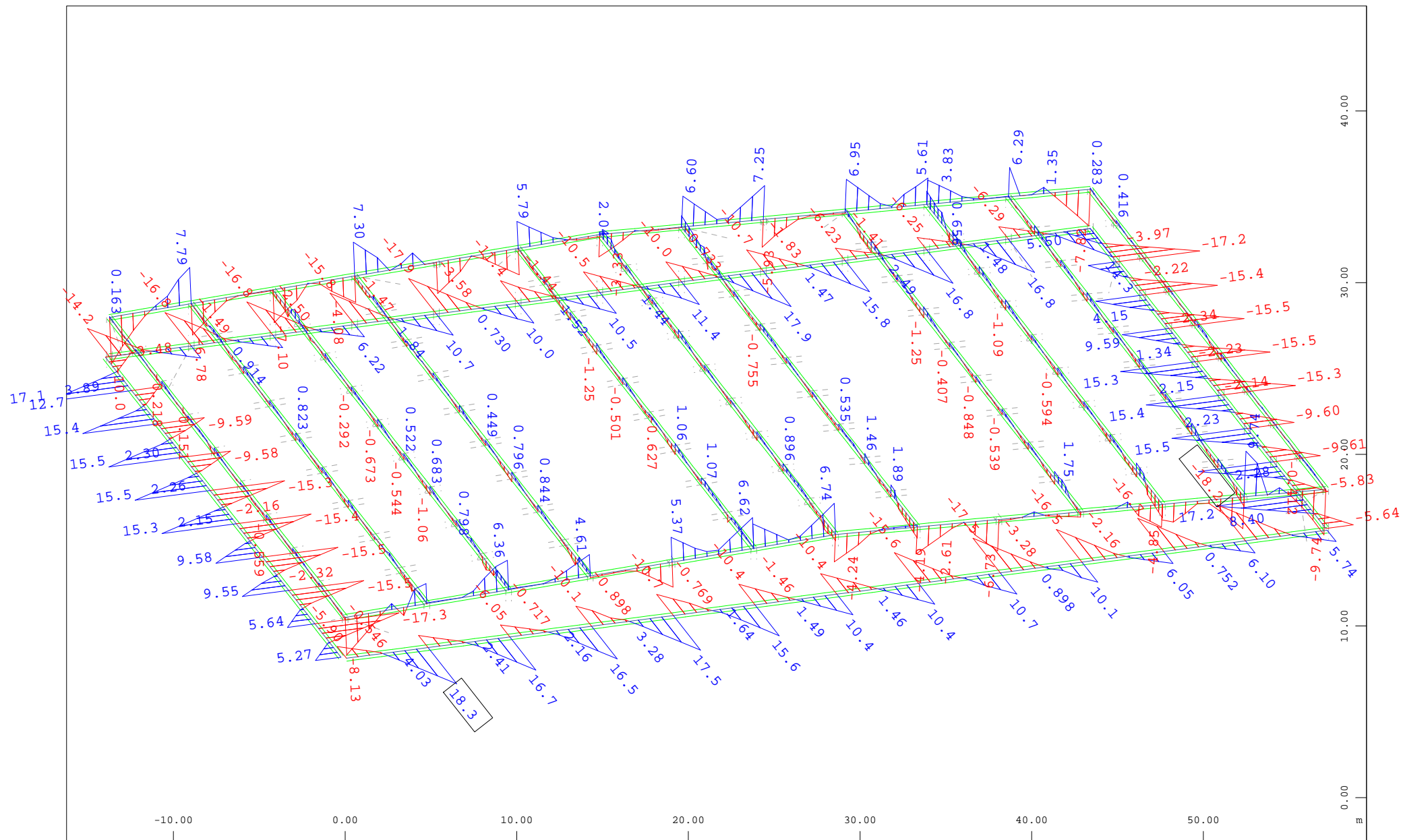


Sector of system Beam Elements Group 120 121 131 160  
 Beam Elements , Normal force  $N_x$ , Loadcase 109131 MAX-MZ BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 50.0 kN (Min=-75.7) (Max=61.4)

M 1 : 297

X \* 0.960  
 Y \* 0.494  
 Z \* 0.913



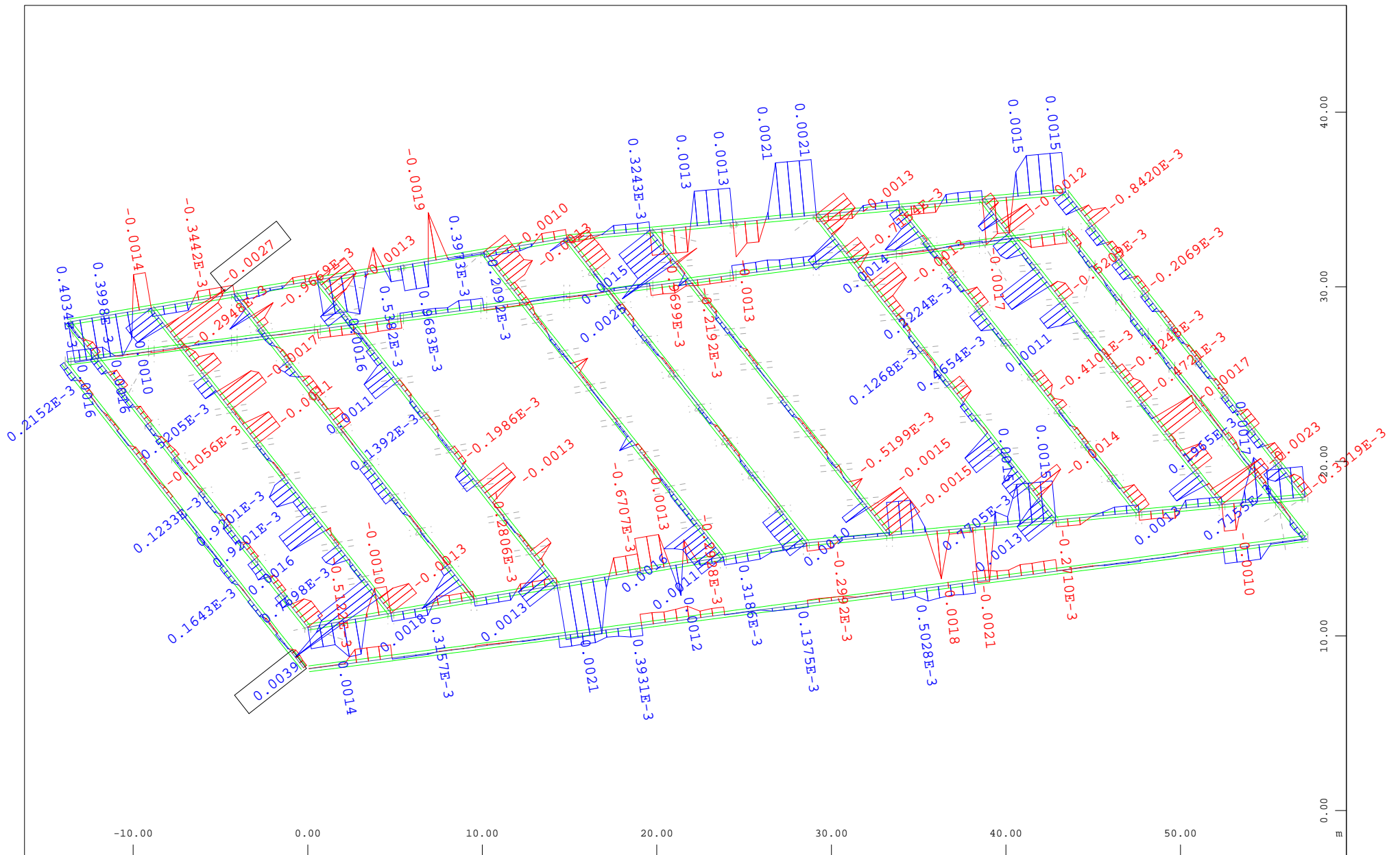


Sector of system Beam Elements Group 120 121 131 160  
 Beam Elements , Shear force  $V_z$ , Loadcase 109131 MAX-MZ BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 10.0 kN (Min=-18.2) (Max=18.3)

M 1 : 297

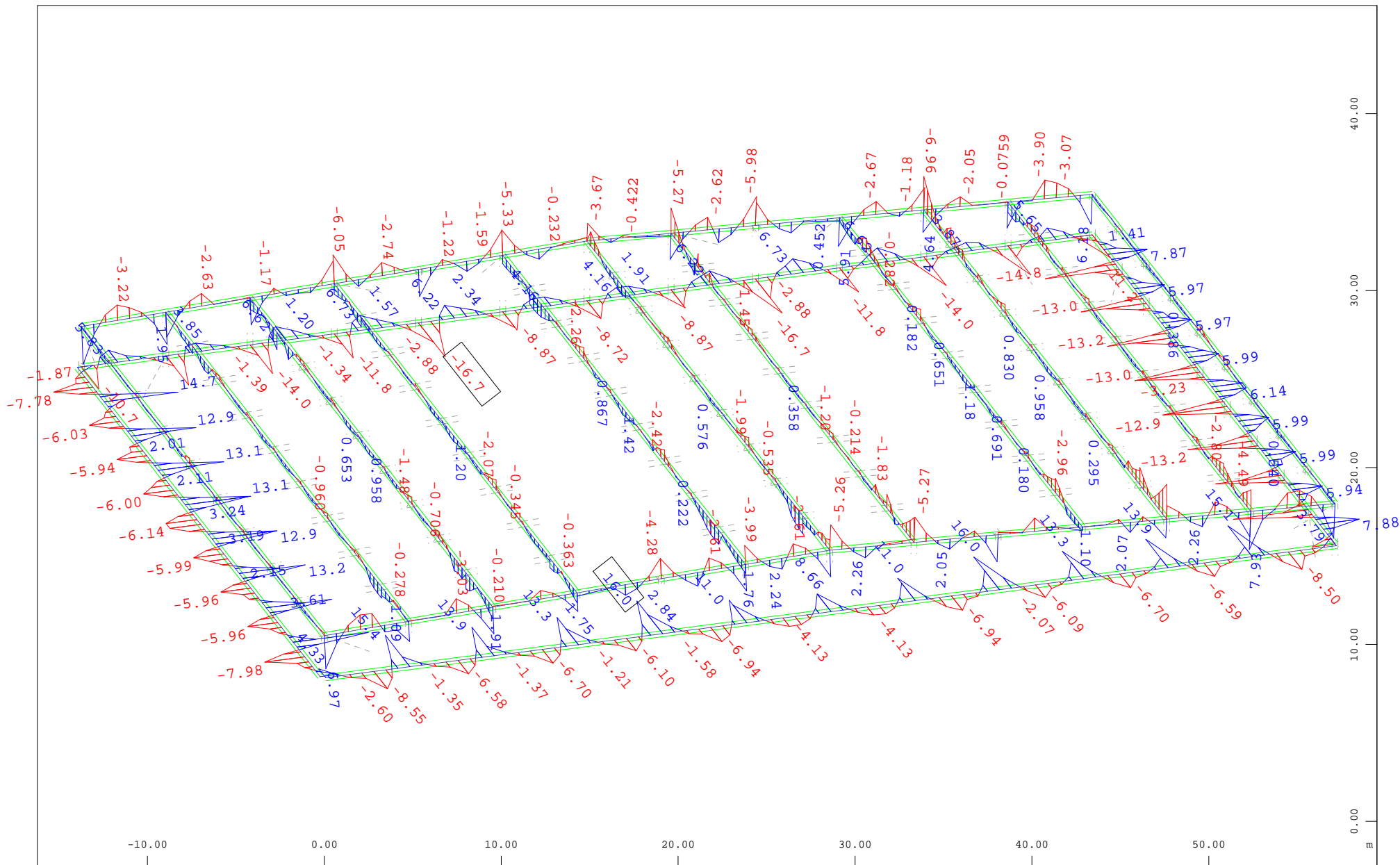
X \* 0.960  
 Y \* 0.494  
 Z \* 0.913





Sector of system Beam Elements Group 120 121 131 160  
 Beam Elements , Torsional moment Mt, Loadcase 109131 MAX-MZ BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 0.0020 kNm (Min=-0.0027) (Max=0.0039)

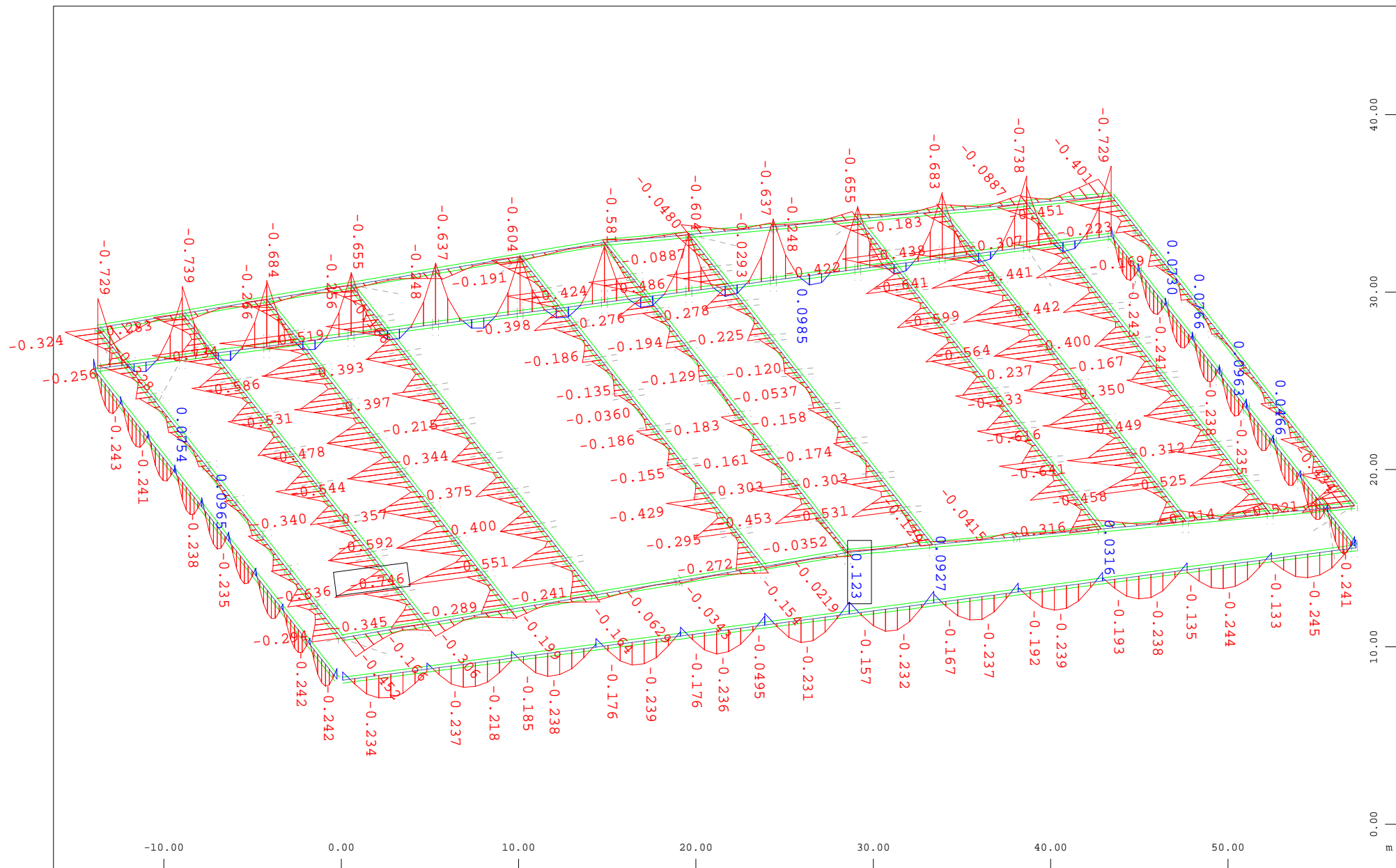
M 1 : 297  
 X \* 0.960  
 Y \* 0.494  
 Z \* 0.913



Sector of system Beam Elements Group 120 121 131 160  
 Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 109131 MAX-MZ BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 10.0 kNm (Min=-16.7) (Max=16.0)

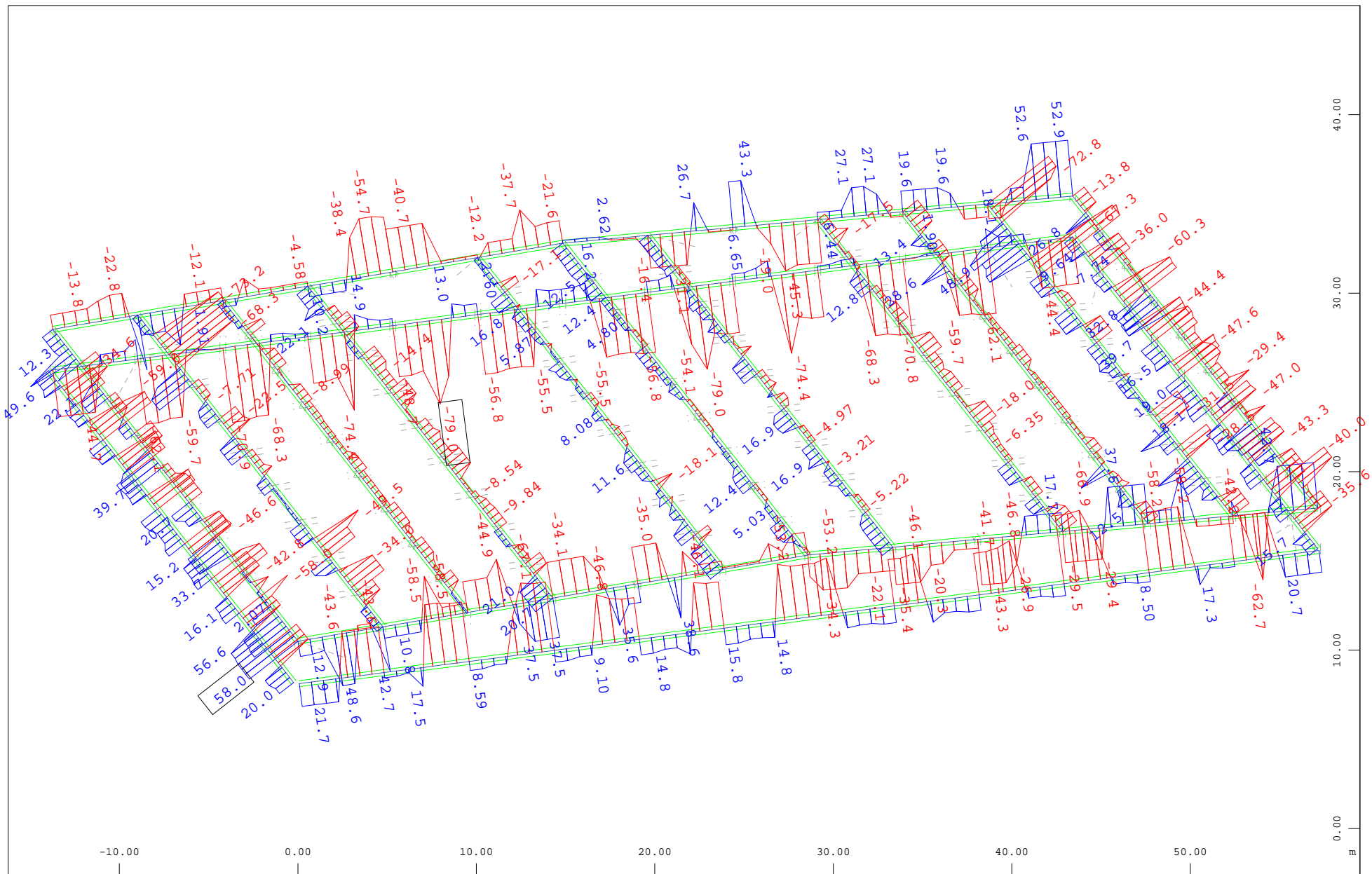
M 1 : 297  
 X \* 0.960  
 Y \* 0.494  
 Z \* 0.913





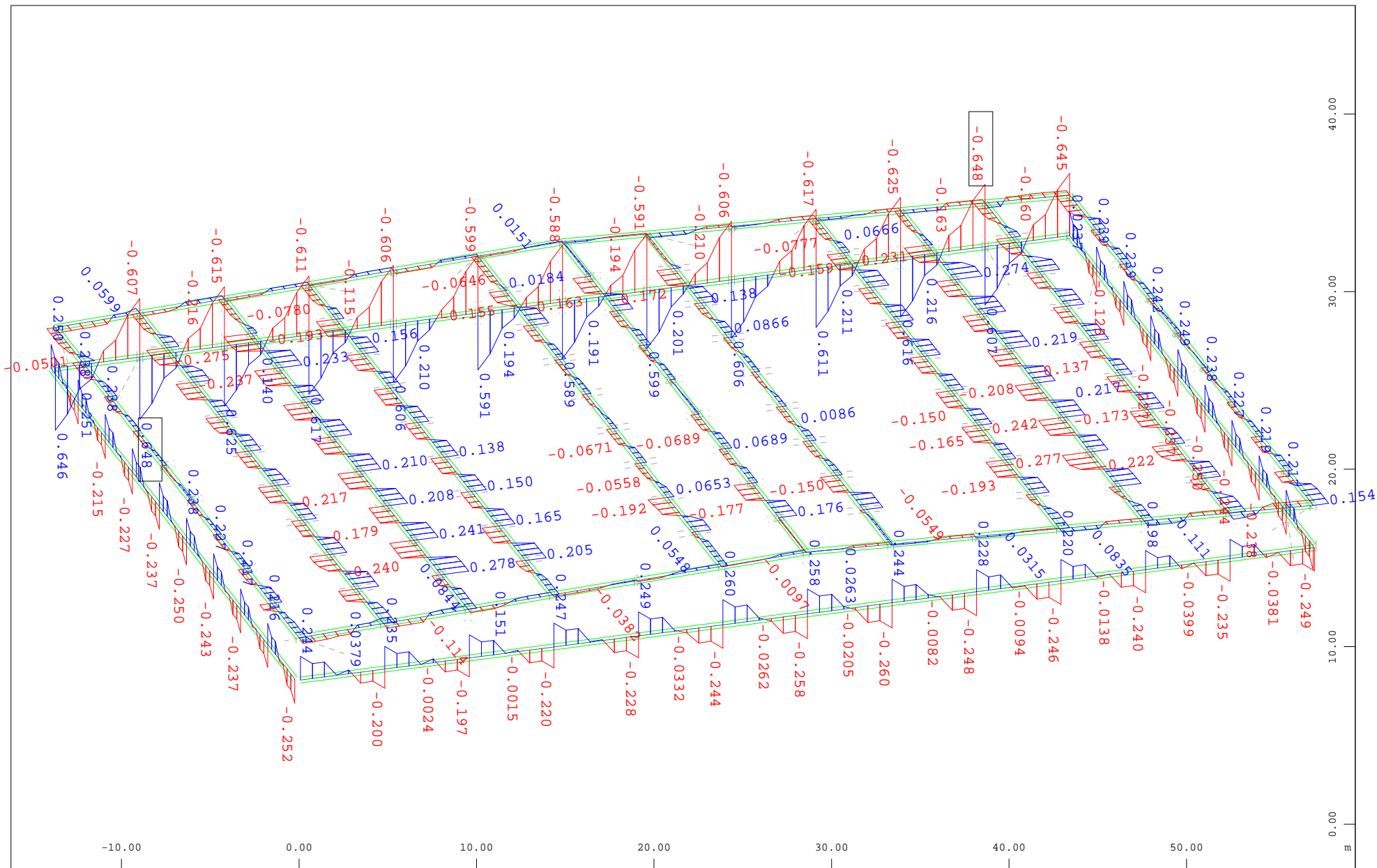
Sector of system Beam Elements Group 120 121 131 160  
 Beam Elements , Bending moment  $M_z$ , Loadcase 109132 MIN- $M_z$  BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 0.500 kNm (Min=-0.746) (Max=0.123)

M 1 : 297  
 X \* 0.960  
 Y \* 0.494  
 Z \* 0.913



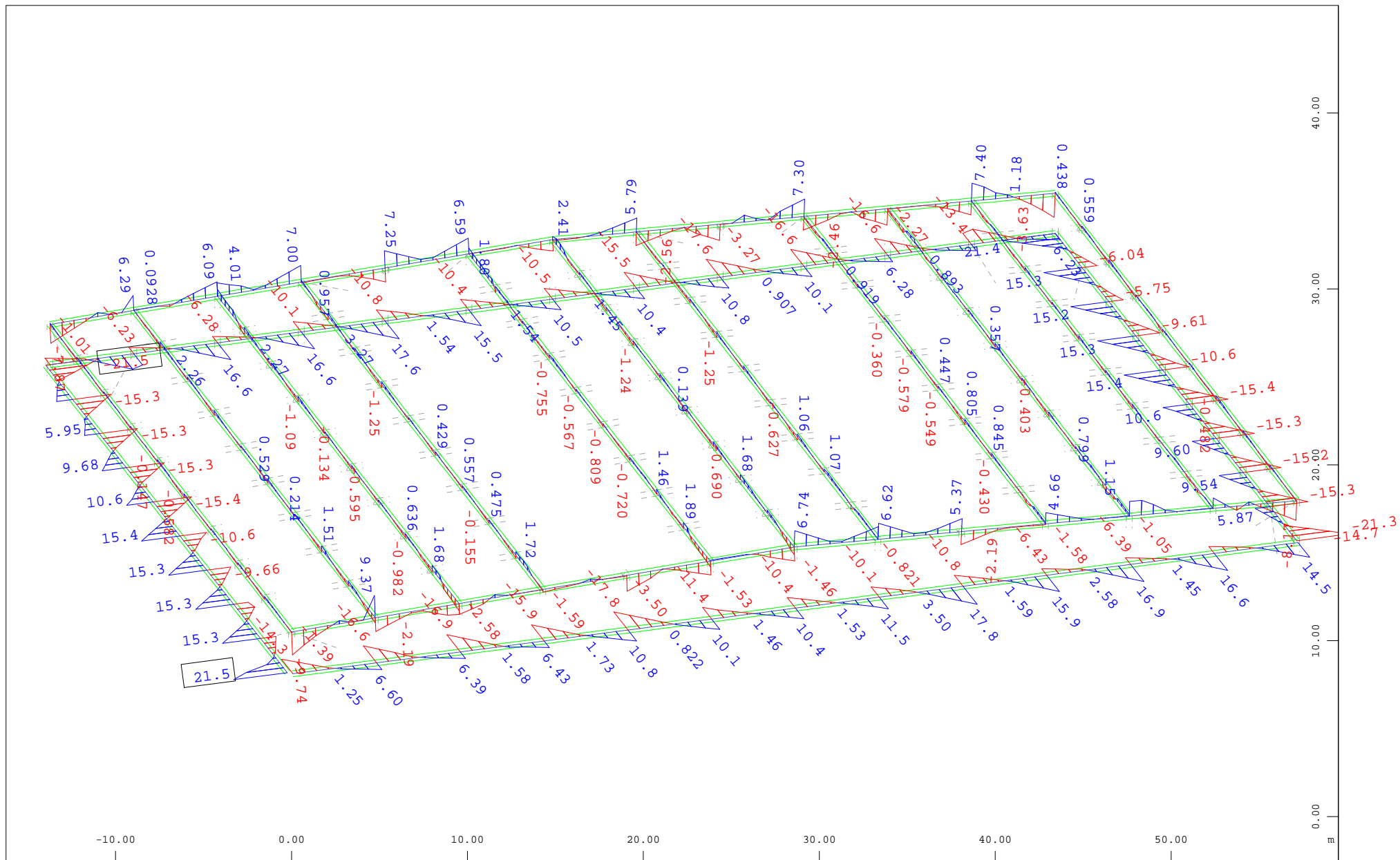
Sector of system Beam Elements Group 120 121 131 160  
 Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 109132 MIN-MZ BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 50.0 kN (Min=-79.0) (Max=58.0)

M 1 : 297  
 X \* 0.960  
 Y \* 0.494  
 Z \* 0.913



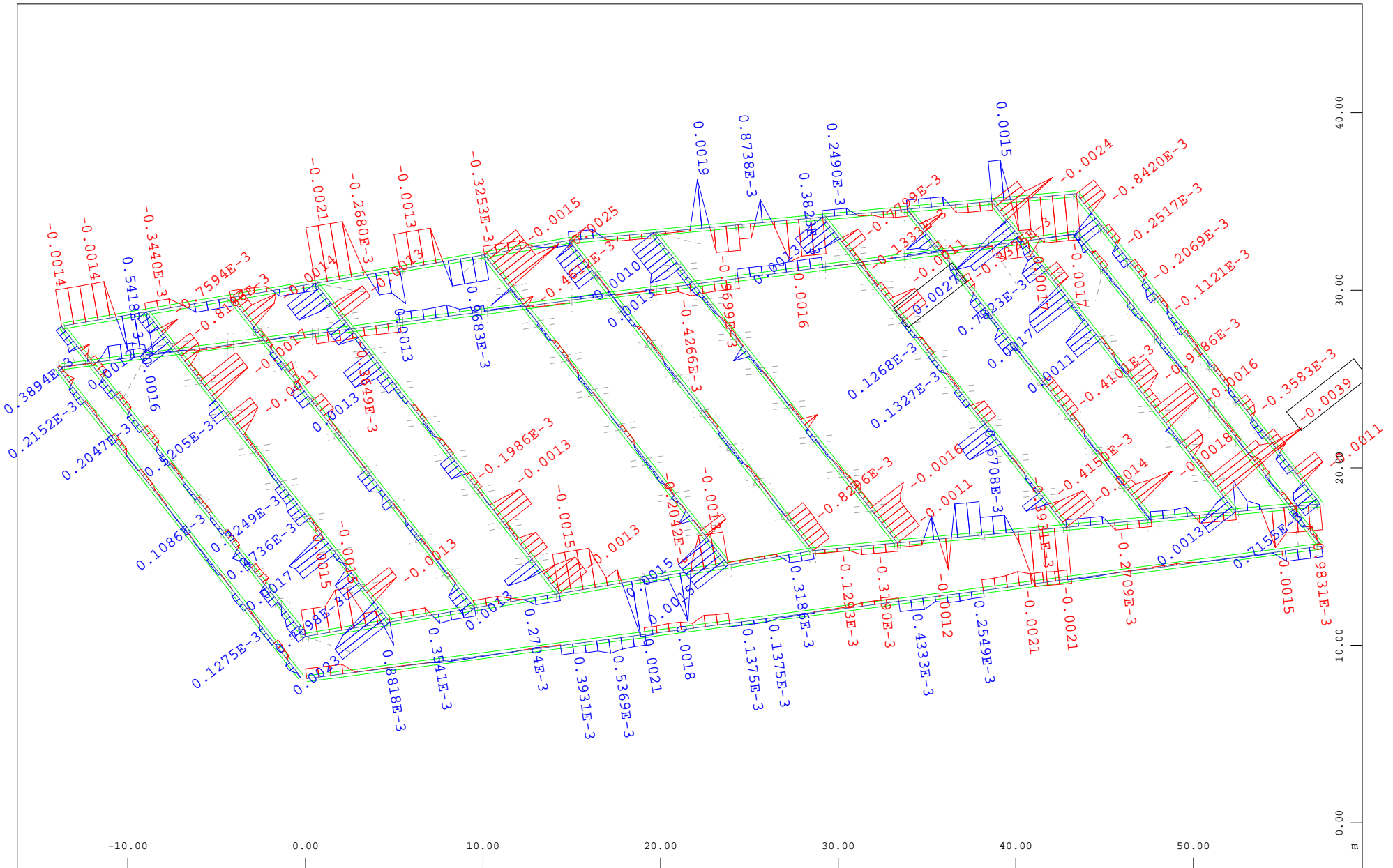
Sector of system Beam Elements Group 120 121 131 160  
 Beam Elements , Shear force Vy, Loadcase 109132 MIN-MZ BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 0.500 kN (Min=-0.648) (Max=0.648)

M 1 : 297  
 X \* 0.960  
 Y \* 0.494  
 Z \* 0.913



Sector of system Beam Elements Group 120 121 131 160  
 Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 109132 MIN-MZ BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 20.0 kN (Min=-21.5) (Max=21.5)

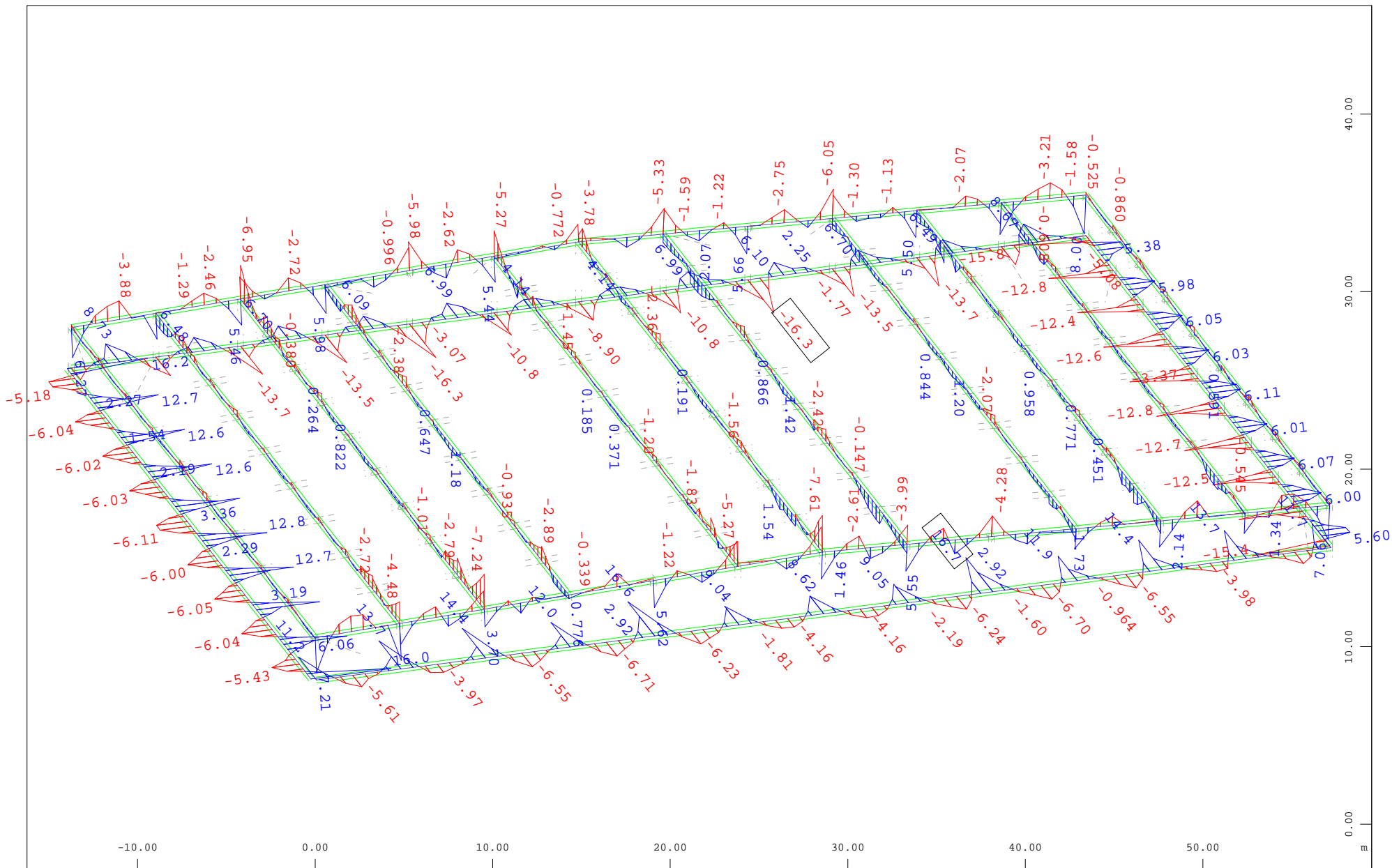
M 1 : 297  
 X \* 0.960  
 Y \* 0.494  
 Z \* 0.913



Sector of system Beam Elements Group 120 121 131 160  
 Beam Elements , Torsional moment  $M_t$ , Loadcase 109132 MIN-MZ BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 0.0020 kNm (Min=-0.0039) (Max=0.0027)

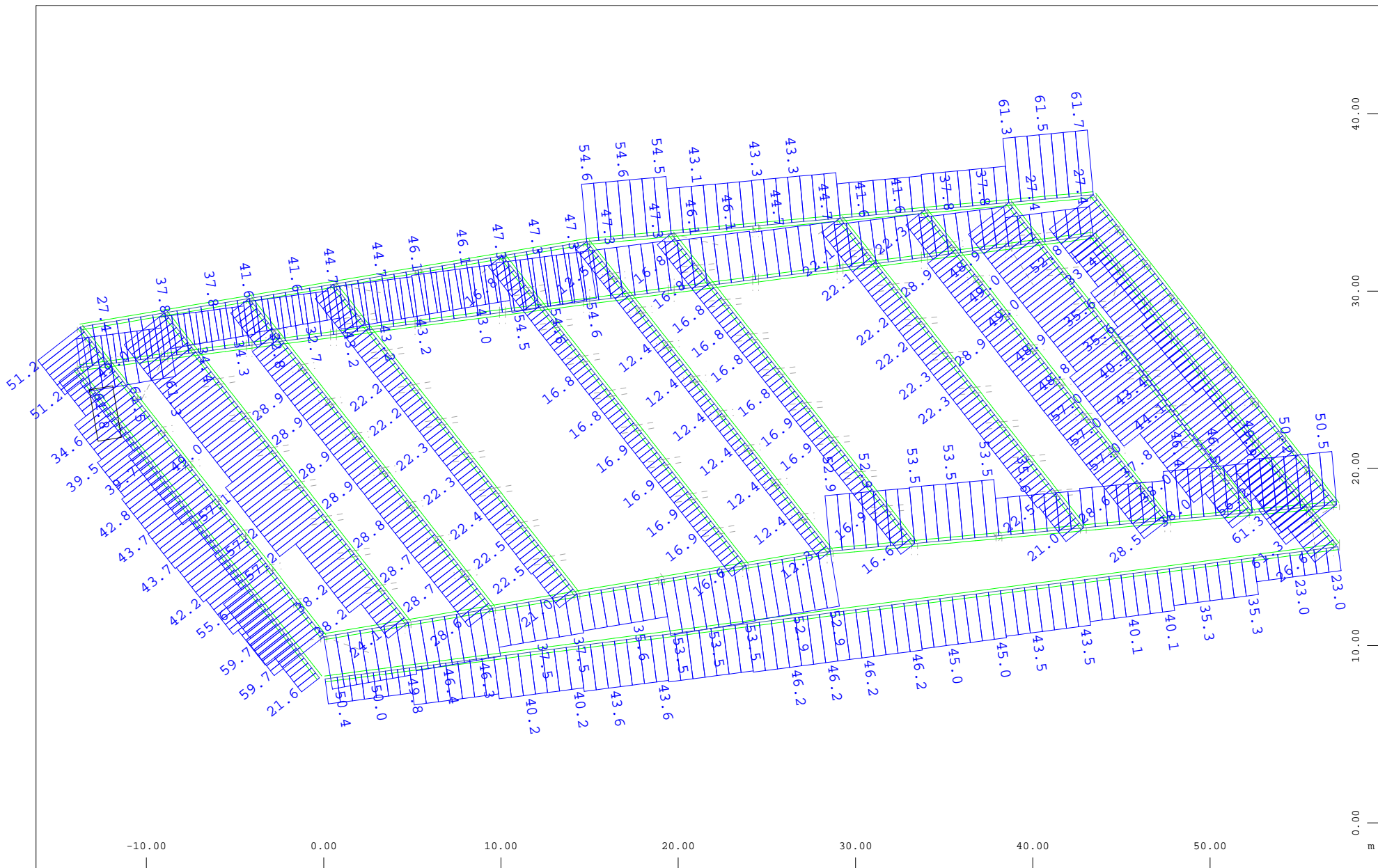
M 1 : 297  
 X \* 0.960  
 Y \* 0.494  
 Z \* 0.913





Sector of system Beam Elements Group 120 121 131 160  
 Beam Elements , Bending moment  $M_y$ , Loadcase 109132 MIN-MZ BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 10.0 kNm (Min=-16.3) (Max=16.7)

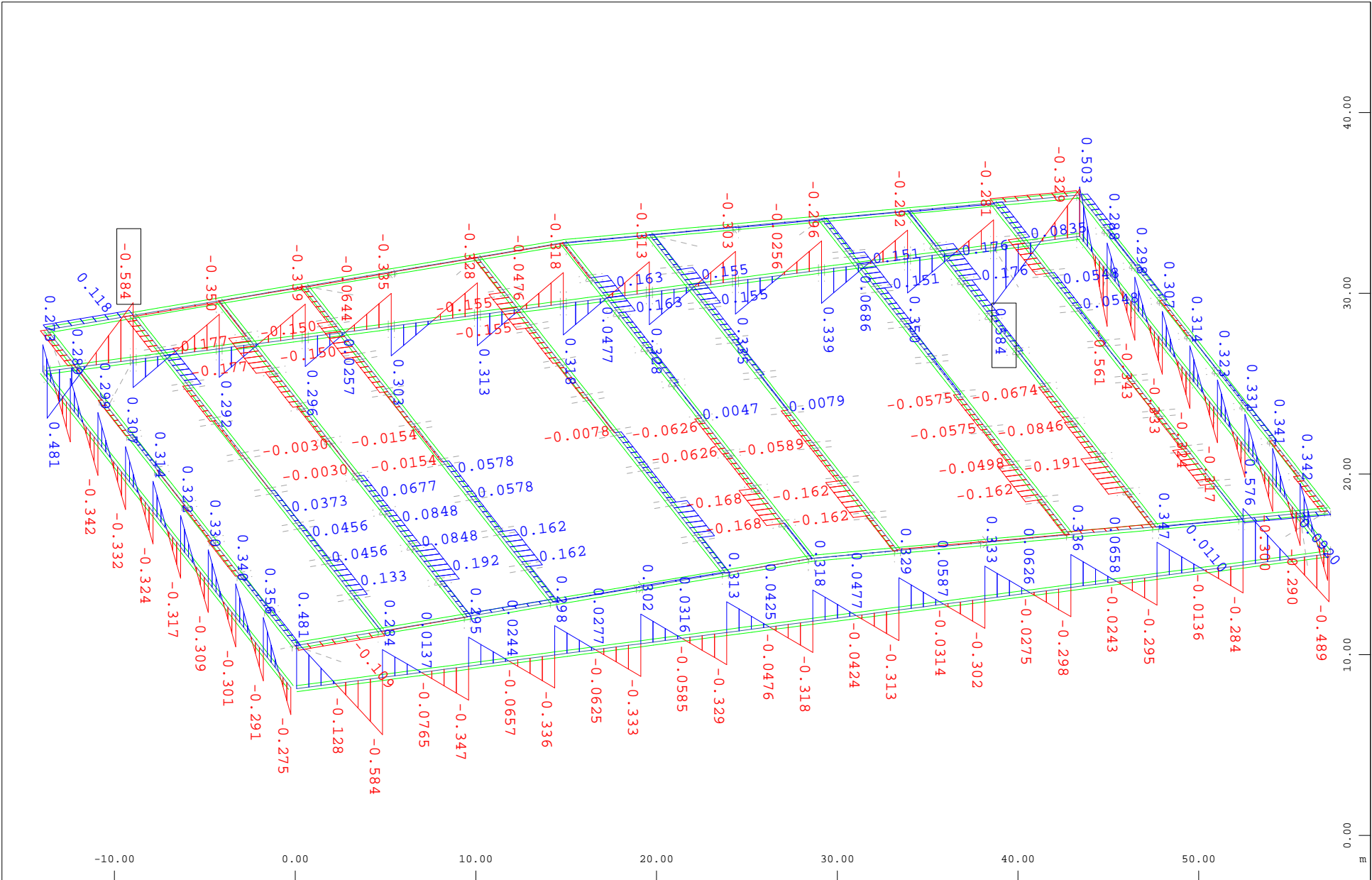
M 1 : 297  
 X \* 0.960  
 Y \* 0.494  
 Z \* 0.913



Sector of system Beam Elements Group 120 121 131 160  
 Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 109121 MAX-N BEAM Forces in Beam Element , 1 cm 3D = 50.0 kN (Max=61.8)

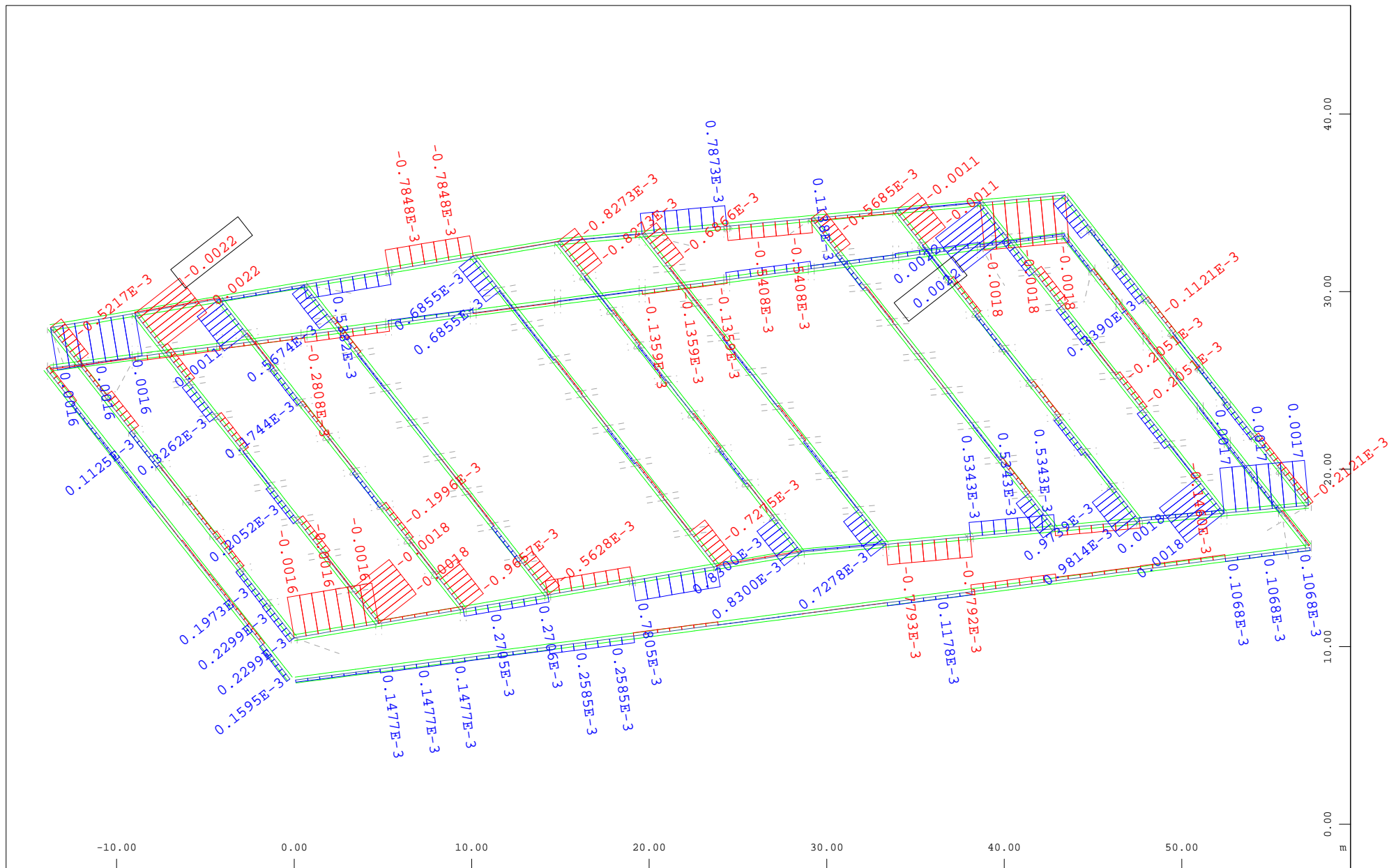
M 1 : 297  
 X \* 0.960  
 Y \* 0.494  
 Z \* 0.913





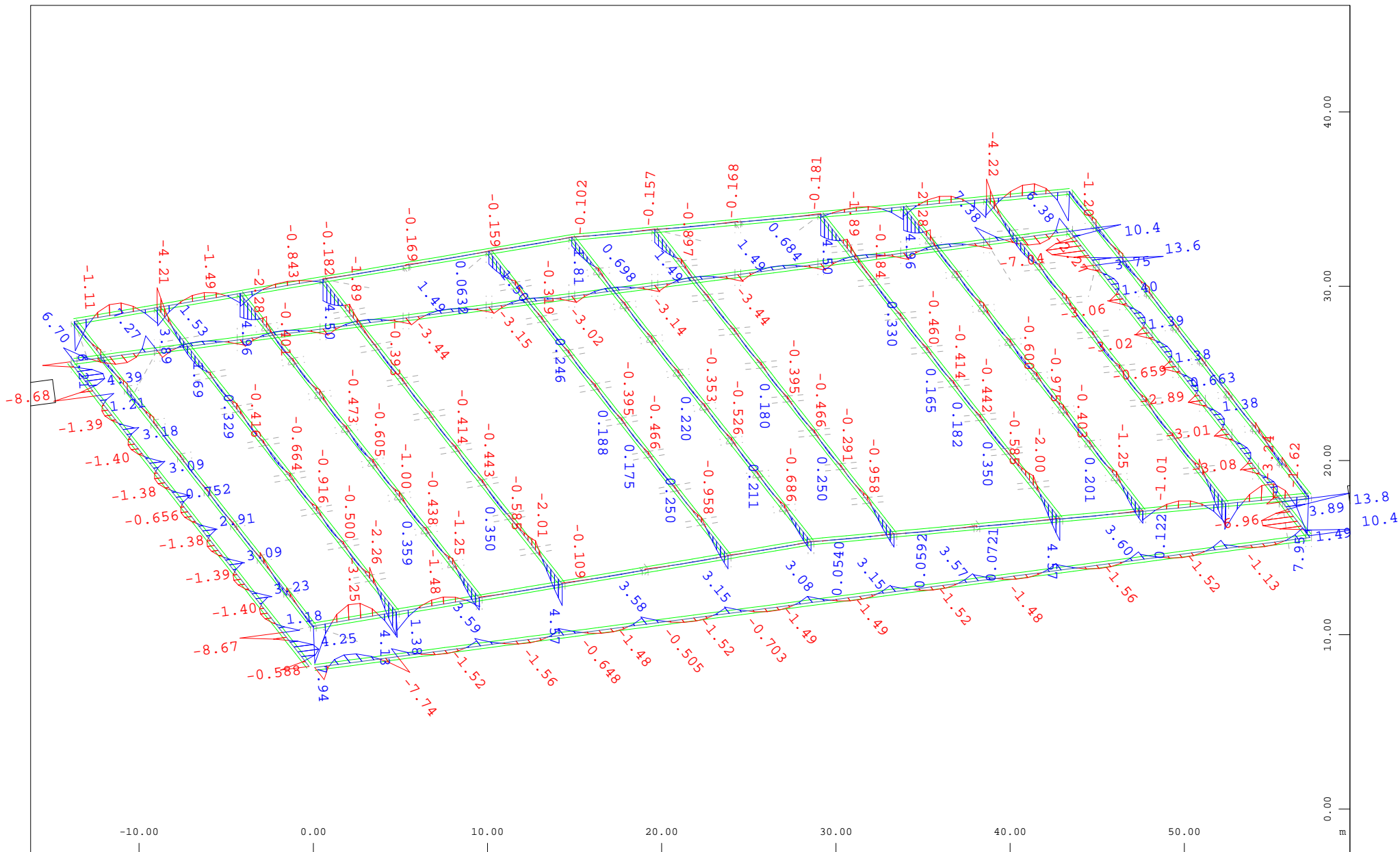
Sector of system Beam Elements Group 120 121 131 160  
 Beam Elements , Shear force Vy, Loadcase 109121 MAX-N BEAM Forces in Beam Elemen , 1 cm 3D = 0.500 kN (Min=-0.584) (Max=0.584)

M 1 : 297  
 X \* 0.960  
 Y \* 0.494  
 Z \* 0.913



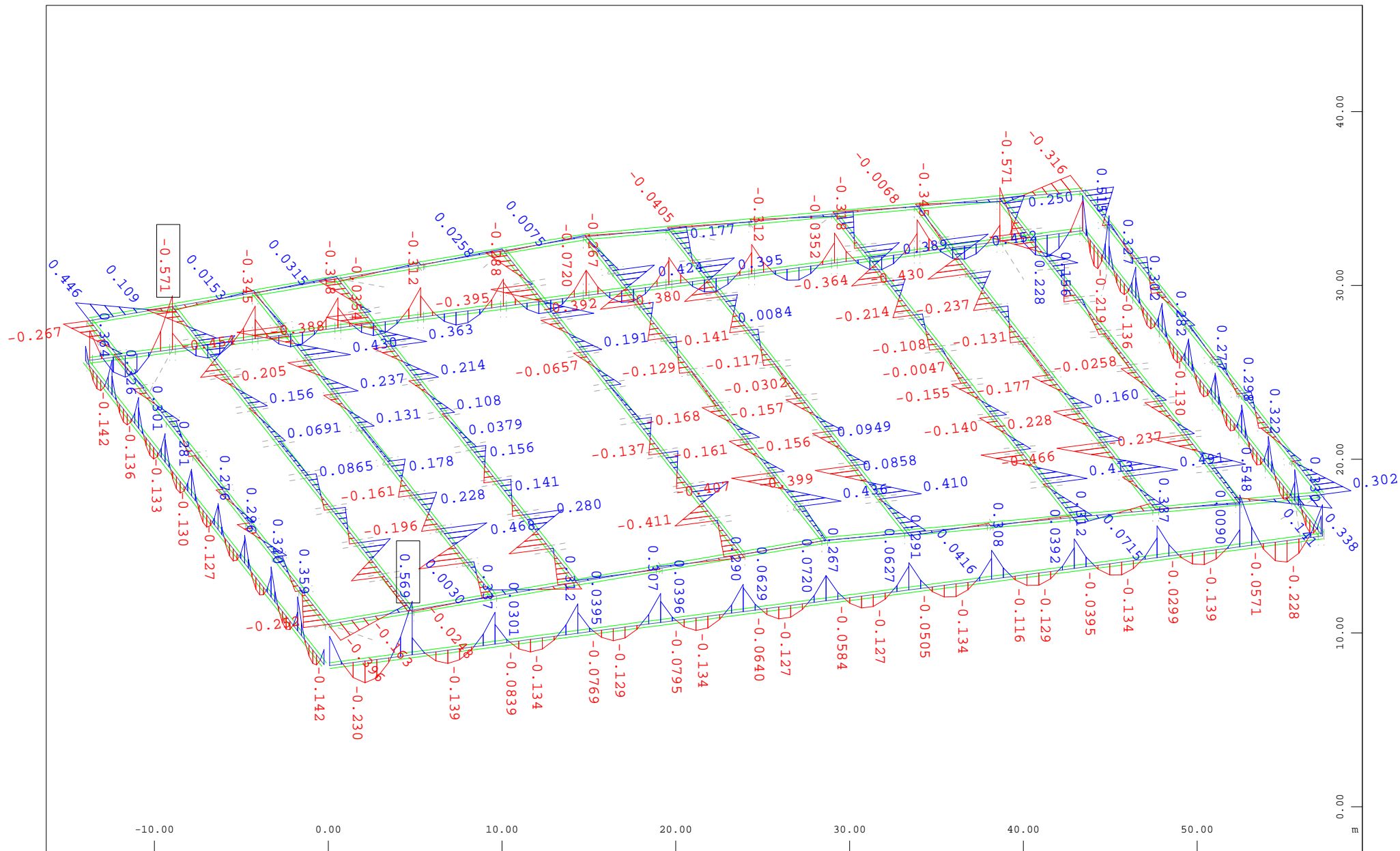
Sector of system Beam Elements Group 120 121 131 160  
 Beam Elements , Torsional moment Mt, Loadcase 109121 MAX-N BEAM Forces in Beam Element , 1 cm 3D = 0.0020 kNm (Min=-0.0022) (Max=0.0022)

M 1 : 297  
 X \* 0.960  
 Y \* 0.494  
 Z \* 0.913



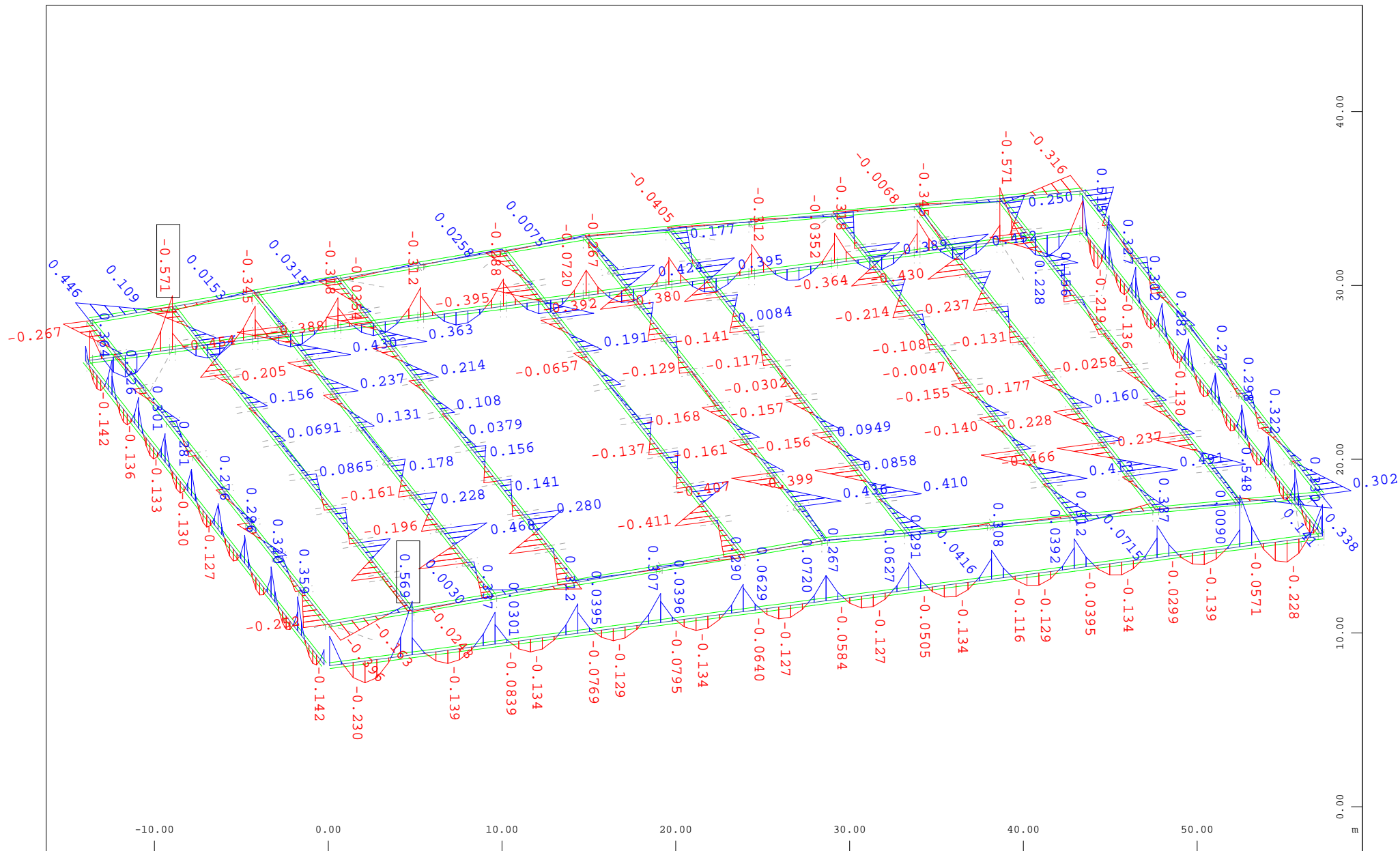
Sector of system Beam Elements Group 120 121 131 160  
 Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 109121 MAX-N BEAM Forces in Beam Element , 1 cm 3D = 10.0 kNm (Min=-8.68) (Max=13.8)

M 1 : 297  
 X \* 0.960  
 Y \* 0.494  
 Z \* 0.913



Sector of system Beam Elements Group 120 121 131 160  
 Beam Elements , Bending moment  $M_z$ , Loadcase 109121 MAX-N BEAM Forces in Beam Element , 1 cm 3D = 0.500 kNm (Min=-0.571) (Max=0.569)

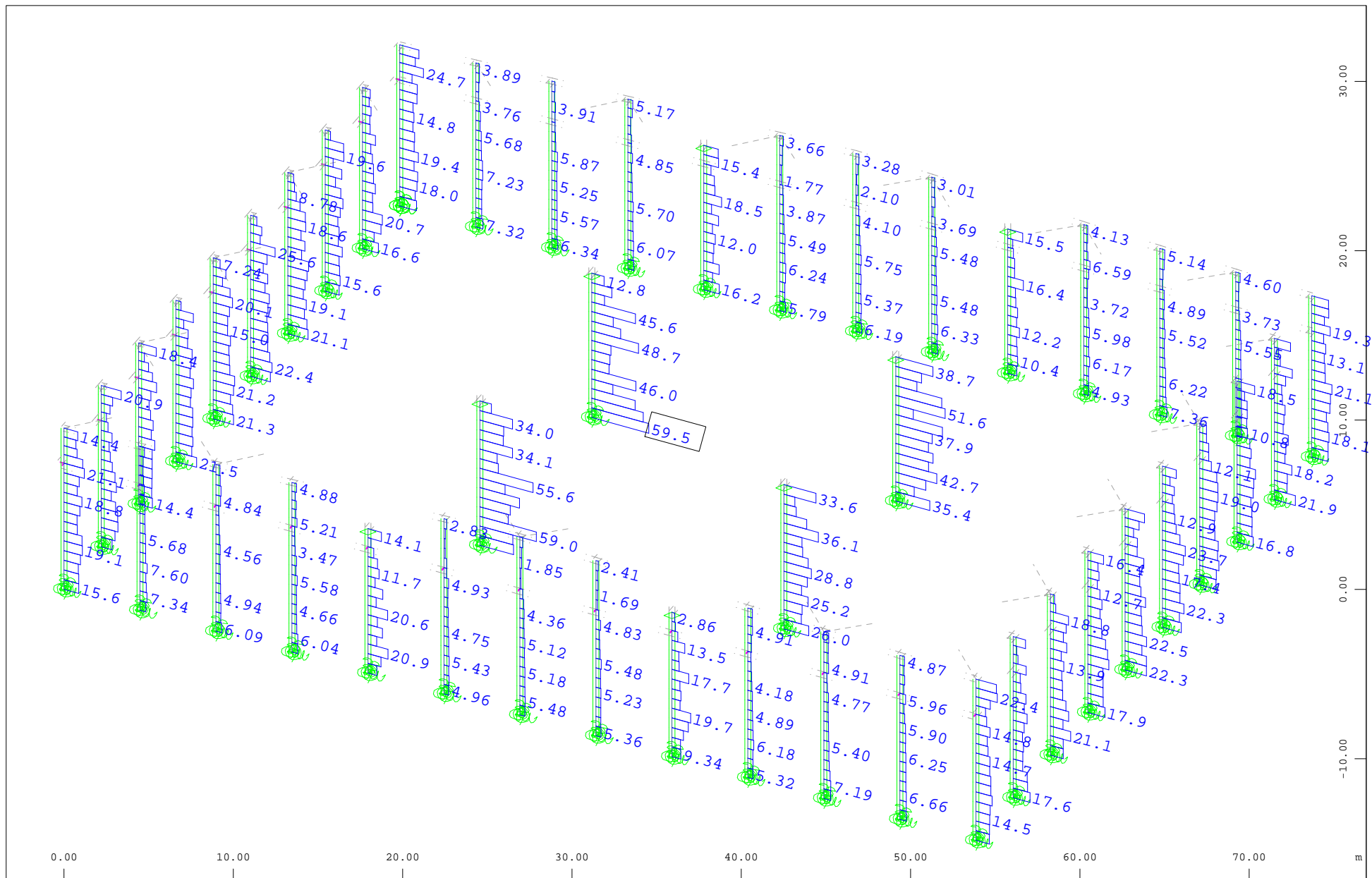
M 1 : 297  
 X \* 0.960  
 Y \* 0.494  
 Z \* 0.913



Z  
 X Beam Elements , Bending moment  $M_z$ , Loadcase 109121 MAX-N BEAM Forces in Beam Element , 1 cm 3D = 0.500 kNm (Min=-0.571) (Max=0.569)

M 1 : 297  
 X \* 0.960  
 Y \* 0.494  
 Z \* 0.913

## **1.A8. ENVOLVENTE DE ESFUERZOS SITUACIÓN SISMICA**



$\begin{matrix} Z \\ Y \\ X \end{matrix}$

Sector of system Group 0...6

Beam Elements , Shear force Vy, Loadcase 300123 MAXE-VY BEAM Forces in Beam Elem , 1 cm 3D = 50.0 kN (Max=59.5)

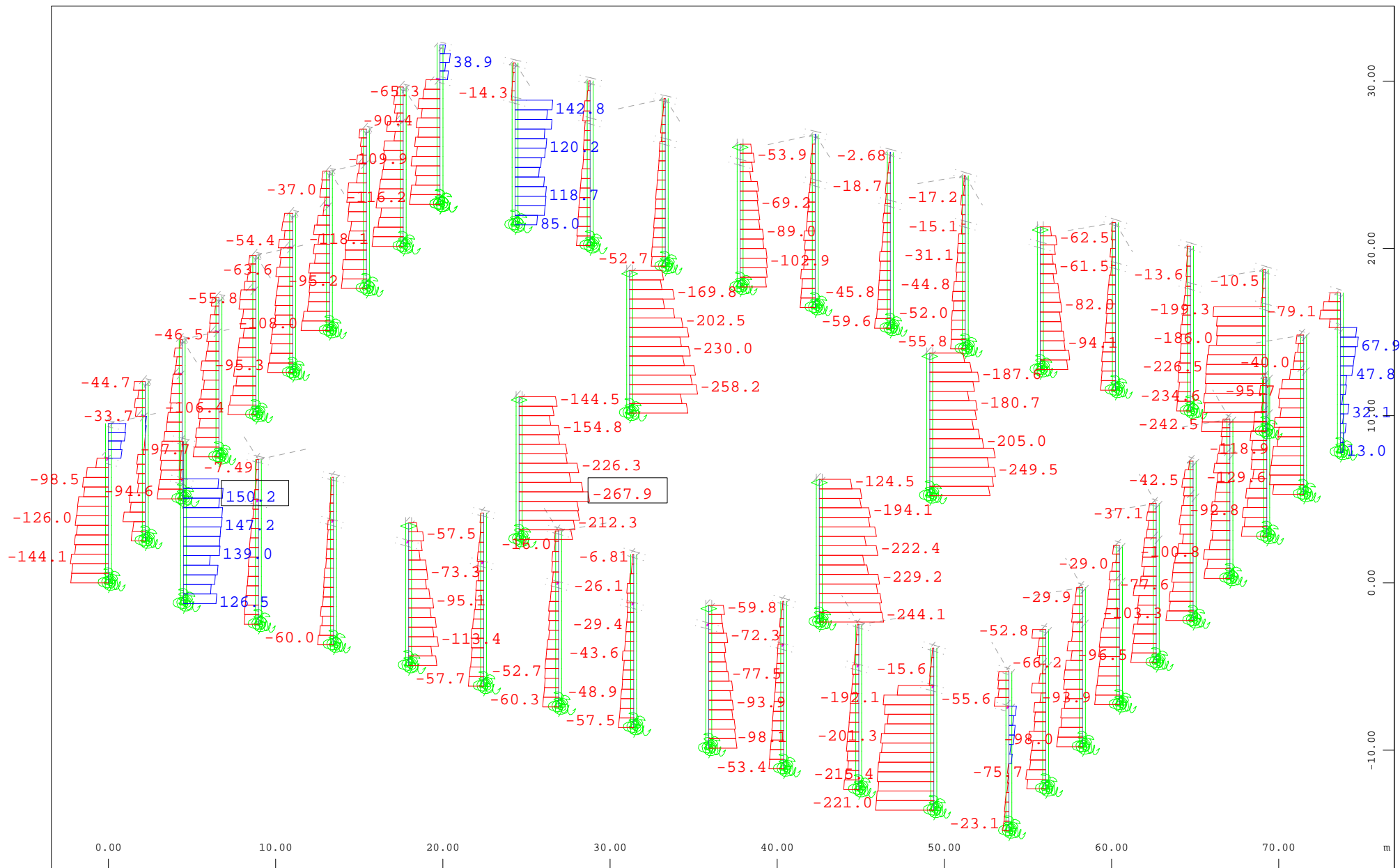
M 1 : 315

X \* 0.931

Y \* 0.669

Z \* 0.828





$\begin{matrix} Z \\ \swarrow \\ Y \\ \searrow \\ X \end{matrix}$

Sector of system Group 0...6

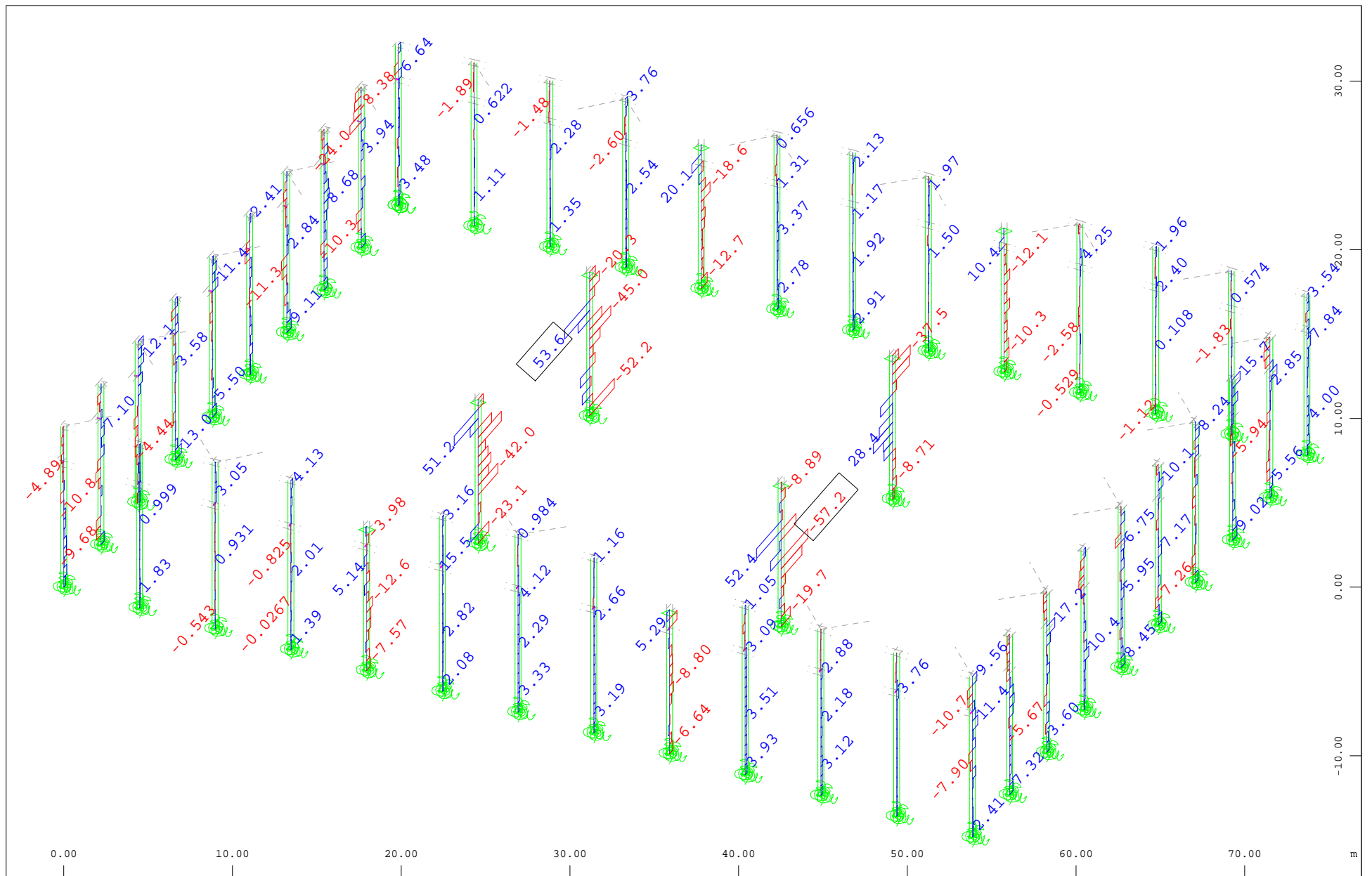
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 300123 MAXE-VY BEAM Forces in Beam Elem , 1 cm 3D = 200.0 kN (Min=-267.9) (Max=150.2)

M 1 : 315

X \* 0.931

Y \* 0.669

Z \* 0.828



$\begin{matrix} Z \\ Y \\ X \end{matrix}$

Sector of system Group 0...6

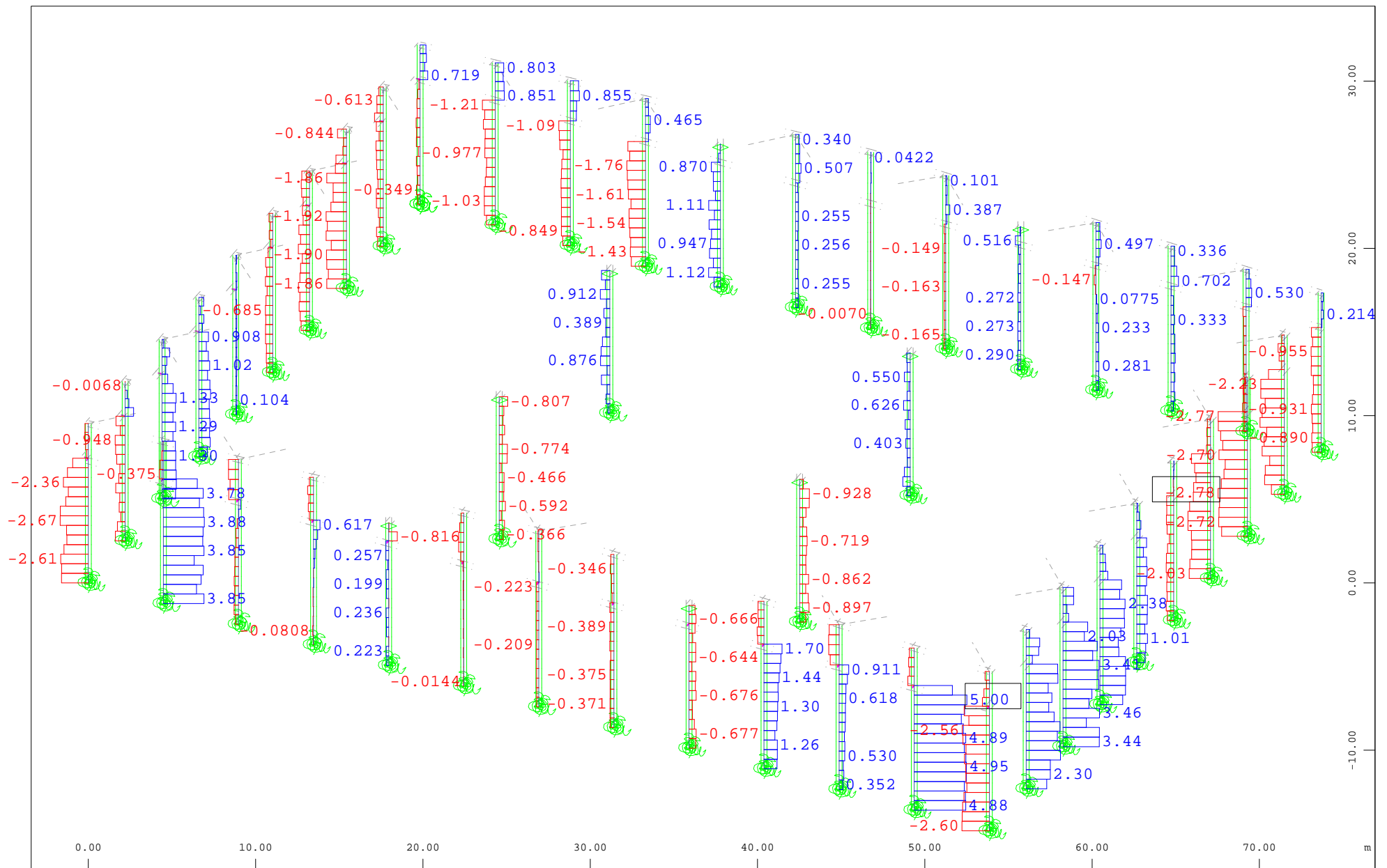
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 300123 MAXE-VY BEAM Forces in Beam Elem , 1 cm 3D = 50.0 kN (Min=-57.2) (Max=53.6)

M 1 : 315

X \* 0.931

Y \* 0.669

Z \* 0.828



$\begin{matrix} Z \\ Y \\ X \end{matrix}$

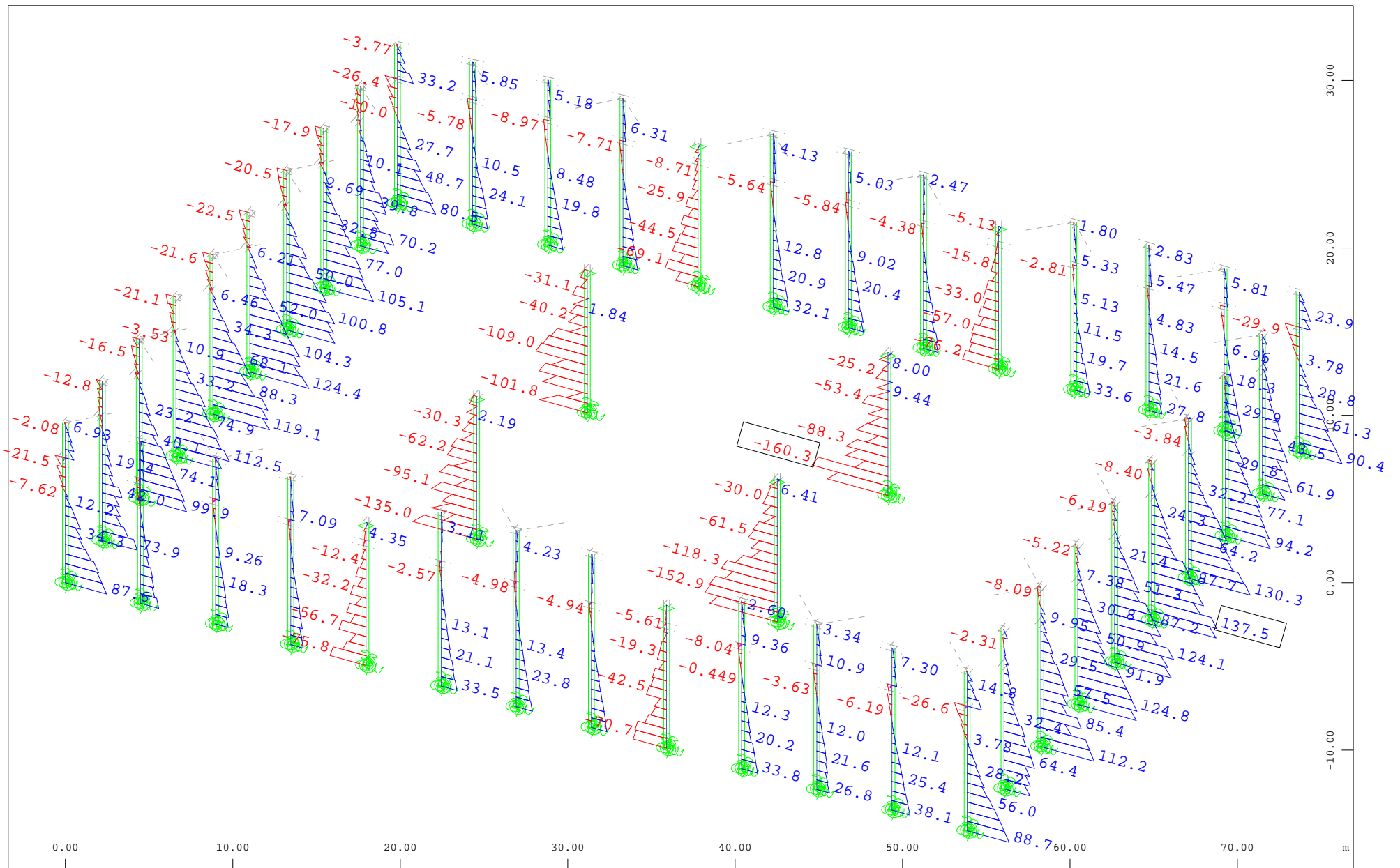
Sector of system Group 0...6

Beam Elements , Torsional moment Mt, Loadcase 300123 MAXE-VY BEAM Forces in Beam Elem , 1 cm 3D = 5.00 kNm (Min=-2.78) (Max=5.00)

M 1 : 315

X \* 0.931  
 Y \* 0.669  
 Z \* 0.828





$\begin{matrix} Z \\ Y \\ X \end{matrix}$

Sector of system Group 0...6

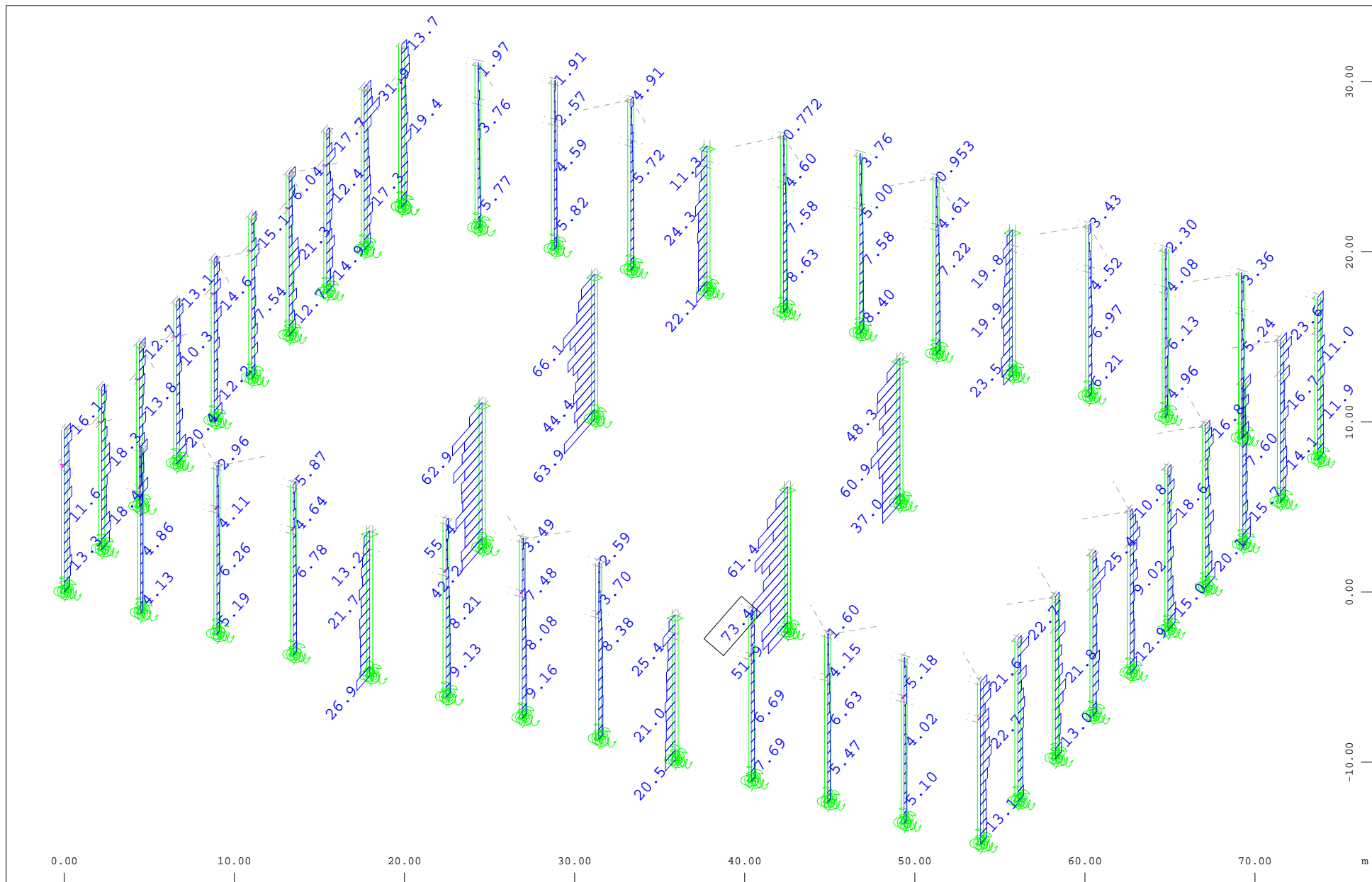
Beam Elements , Bending moment Mz, Loadcase 300123 MAXE-VY BEAM Forces in Beam Elem , 1 cm 3D = 100.0 kNm (Min=-160.3) (Max=137.5)

M 1 : 315

X \* 0.931

Y \* 0.669

Z \* 0.828



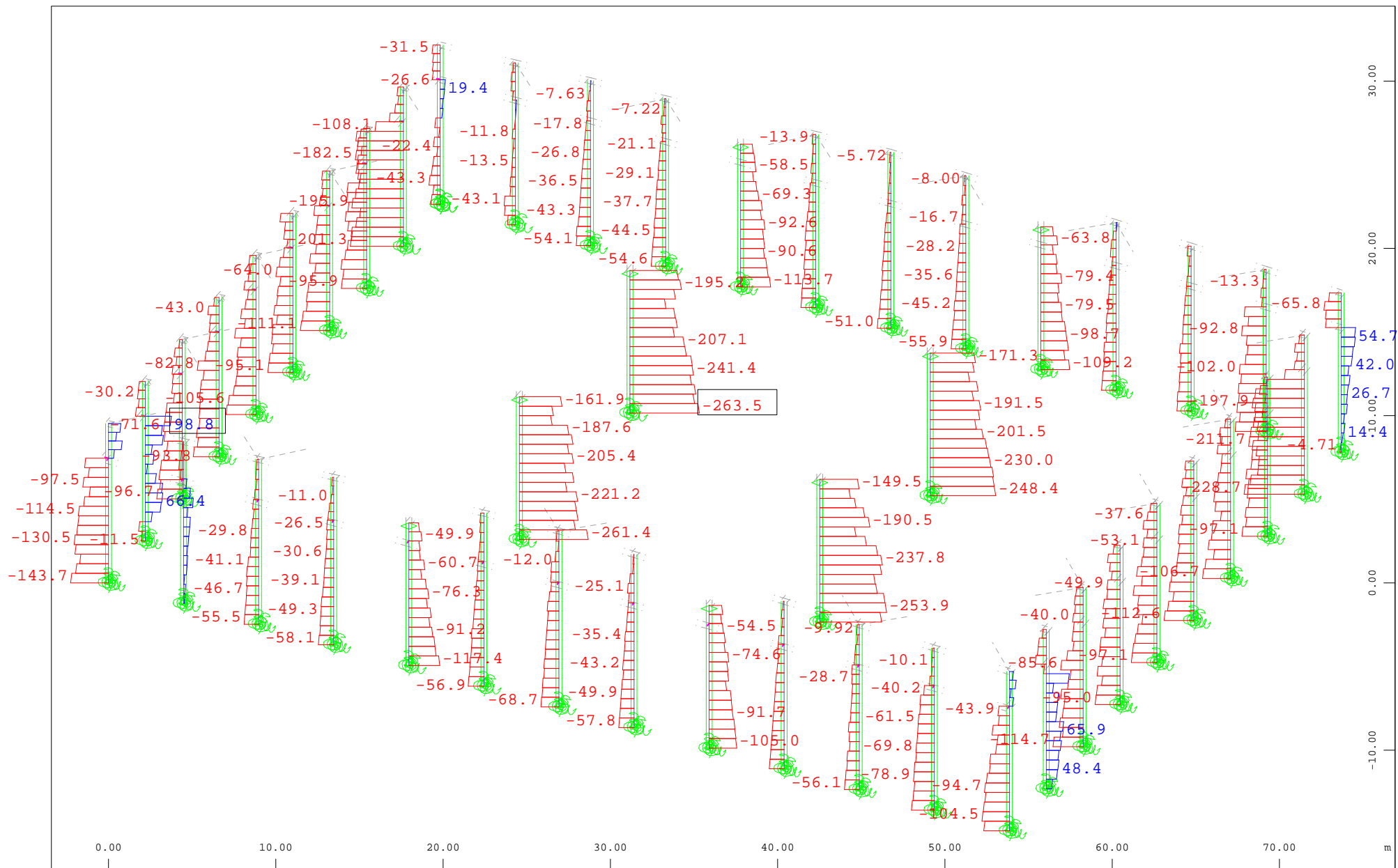
$\begin{matrix} Z \\ Y \\ X \end{matrix}$

Sector of system Group 0...6

Beam Elements , Shear force  $V_z$ , Loadcase 300125 MAXE-VZ BEAM Forces in Beam Elem , 1 cm 3D = 50.0 kN (Max=73.4)

M 1 : 315

X \* 0.931  
 Y \* 0.669  
 Z \* 0.828



$\begin{matrix} Z \\ Y \\ X \end{matrix}$

Sector of system Group 0...6

Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 300125 MAXE-VZ BEAM Forces in Beam Elem , 1 cm 3D = 200.0 kN (Min=-263.5) (Max=98.8)

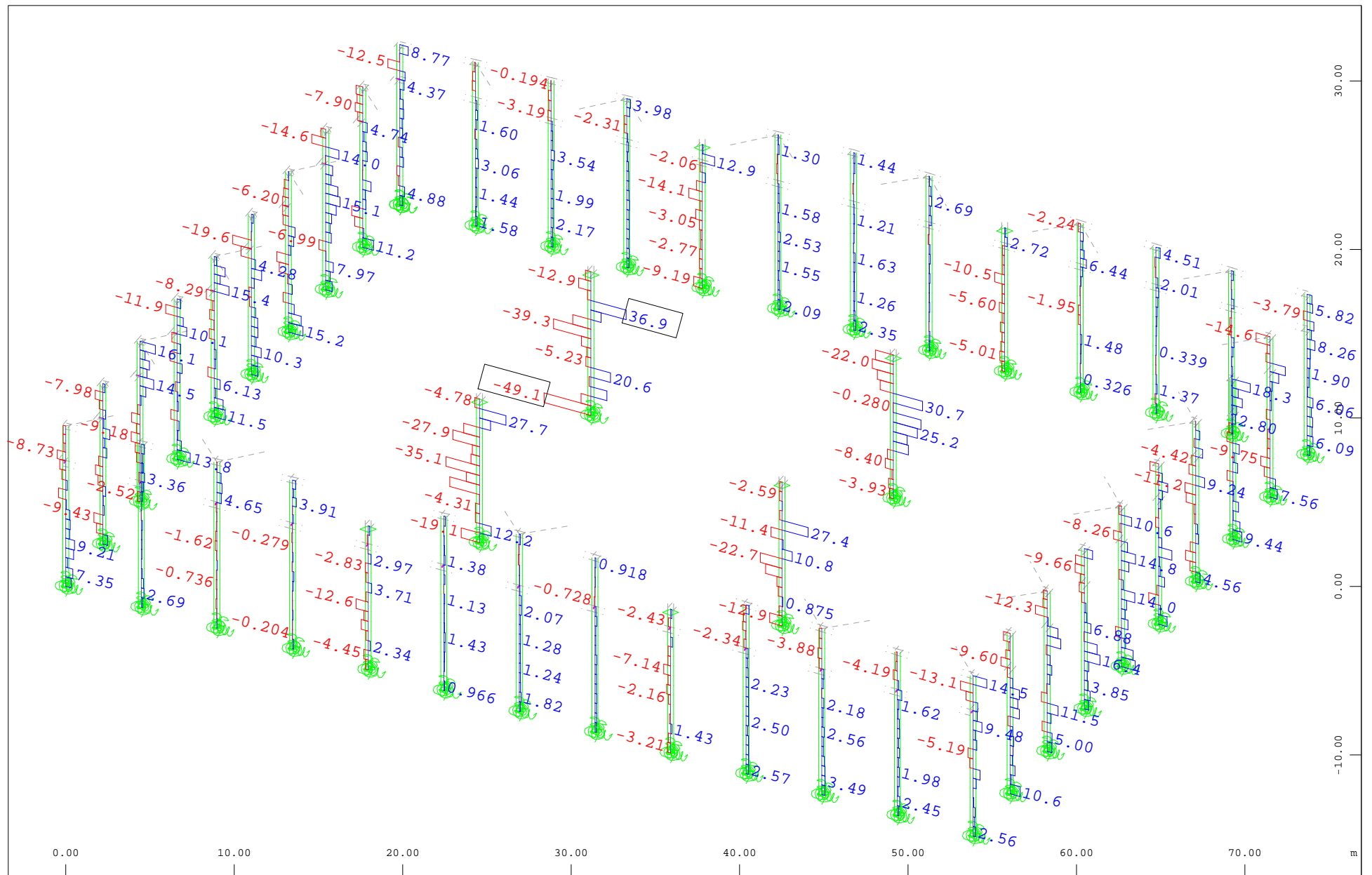
M 1 : 315

X \* 0.931

Y \* 0.669

Z \* 0.828





$\begin{matrix} Z \\ \swarrow \\ Y \\ \searrow \\ X \end{matrix}$

Sector of system Group 0...6

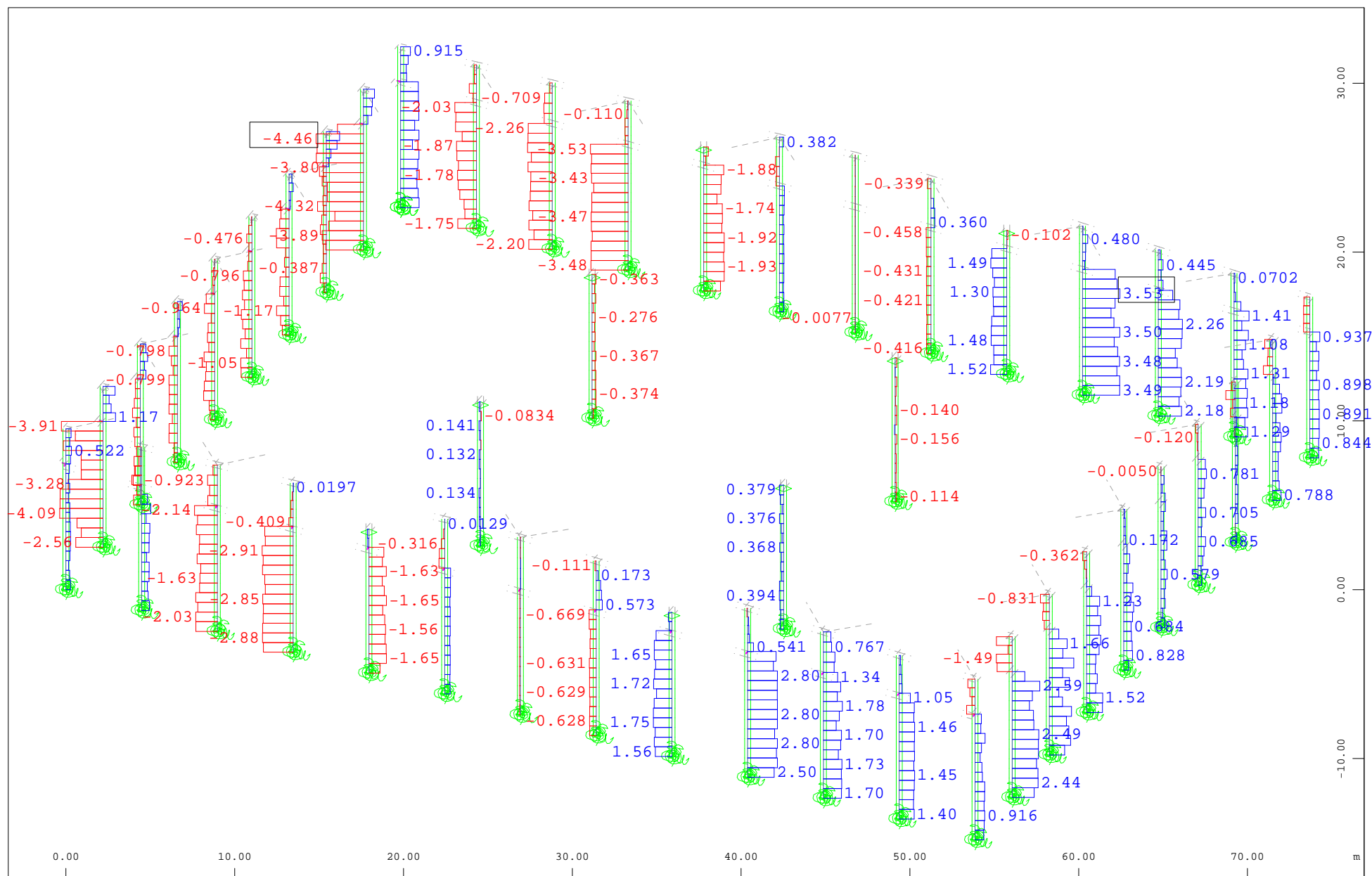
Beam Elements , Shear force Vy, Loadcase 300125 MAXE-VZ BEAM Forces in Beam Elem , 1 cm 3D = 50.0 kN (Min=-49.1) (Max=36.9)

M 1 : 315

X \* 0.931

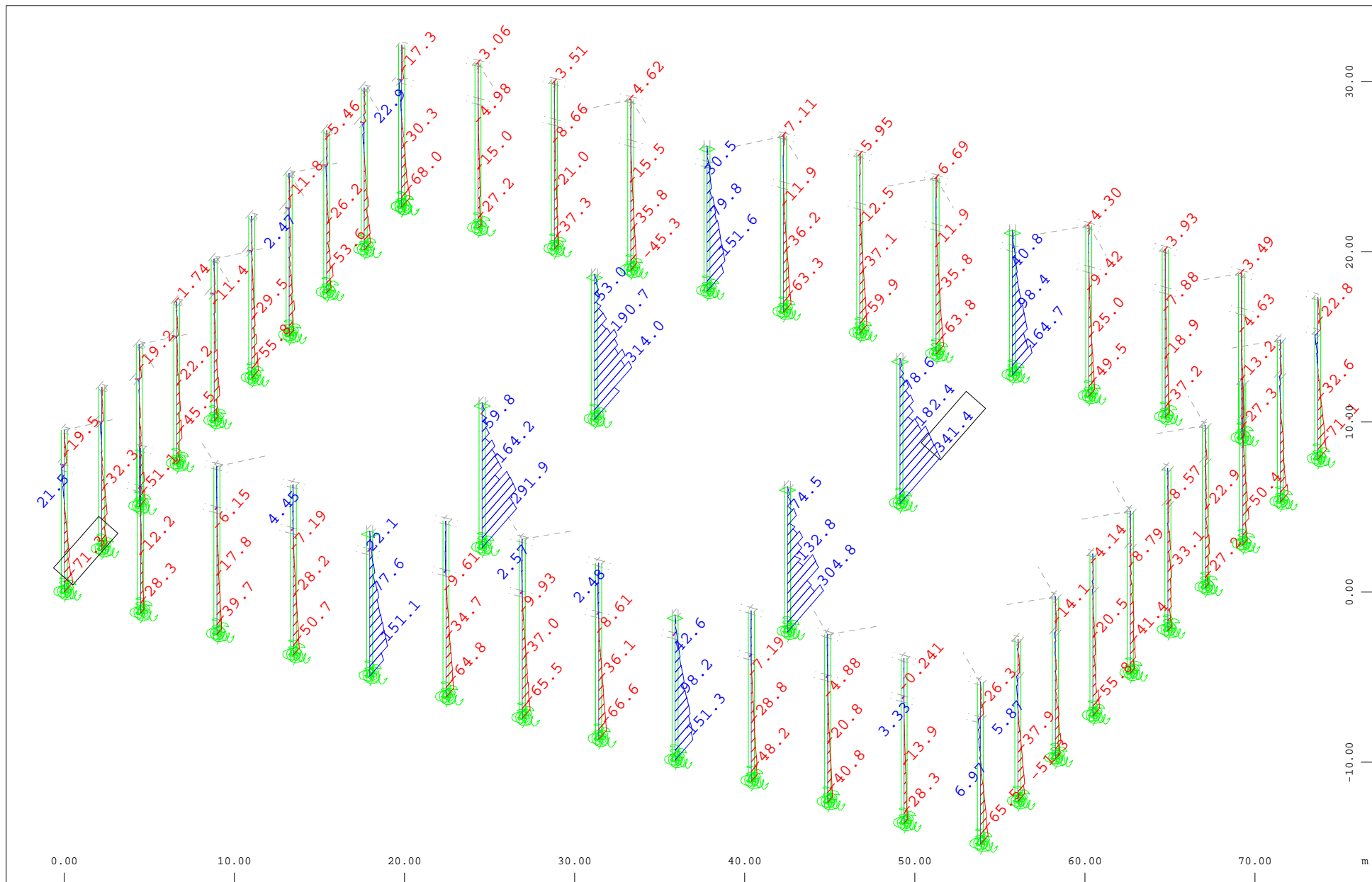
Y \* 0.669

Z \* 0.828



Sector of system Group 0...6

M 1 : 315



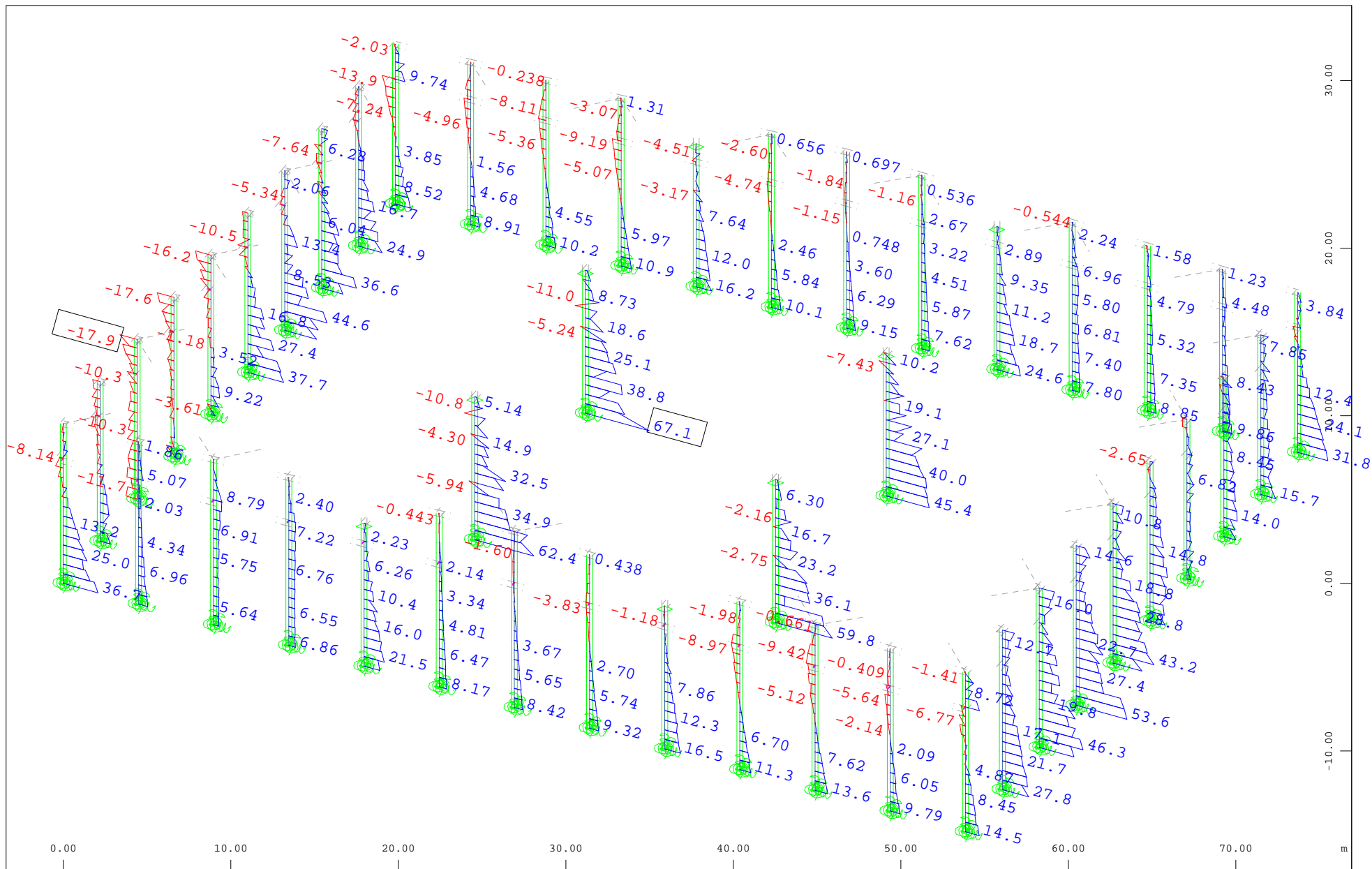
$\begin{matrix} Z \\ Y \\ X \end{matrix}$

Sector of system Group 0...6

Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 300125 MAXE-VZ BEAM Forces in Beam Elem , 1 cm 3D = 200.0 kNm (Min=-71.3) (Max=341.4)

M 1 : 315

X \* 0.931  
 Y \* 0.669  
 Z \* 0.828



$\begin{matrix} Z \\ Y \\ X \end{matrix}$

Sector of system Group 0...6

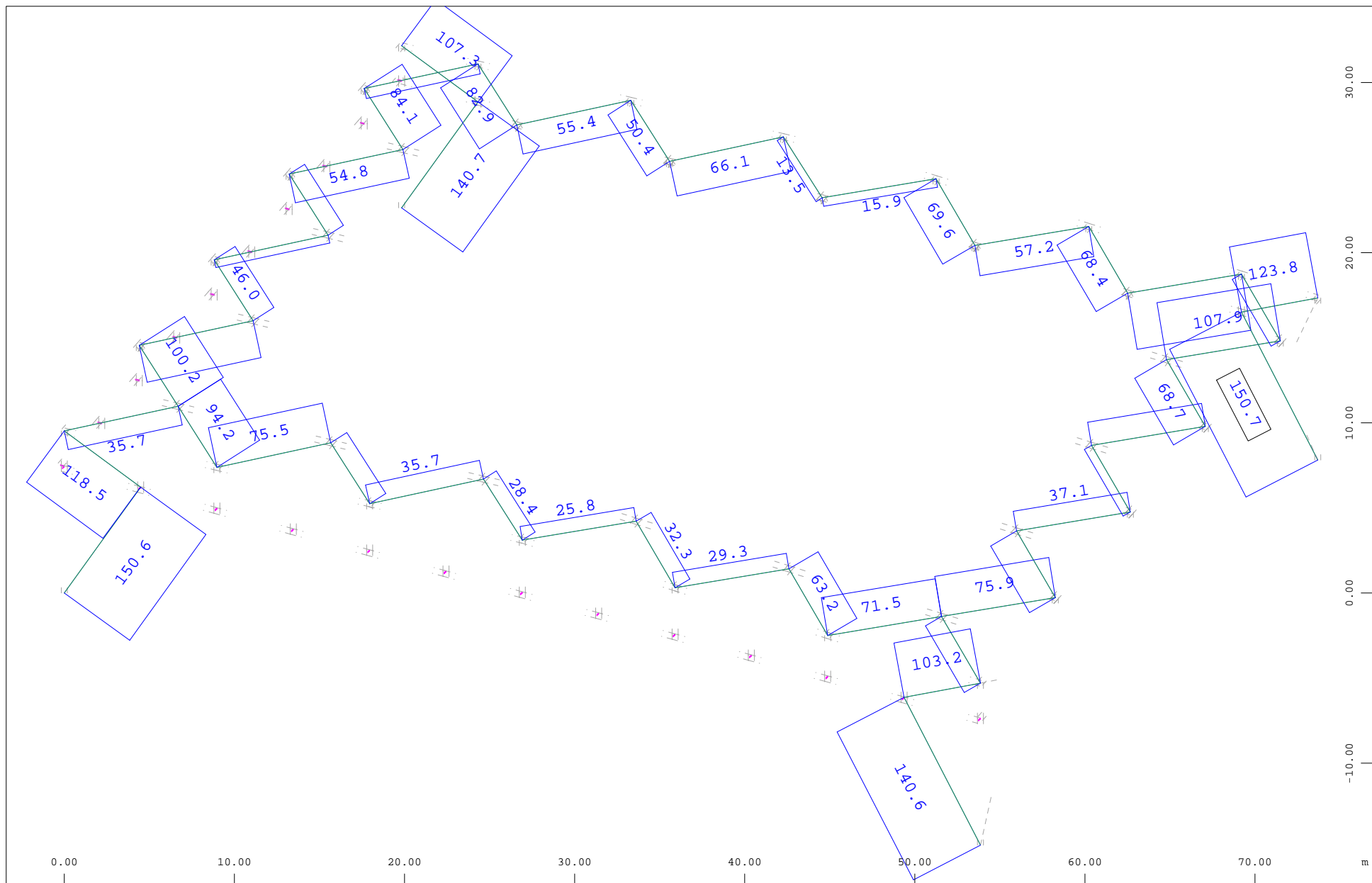
Beam Elements , Bending moment Mz, Loadcase 300125 MAXE-VZ BEAM Forces in Beam Elem , 1 cm 3D = 50.0 kNm (Min=-17.9) (Max=67.1)

M 1 : 315

X \* 0.931

Y \* 0.669

Z \* 0.828



Z  
Y  
X

Sector of system Truss Elements Group 141 142 151

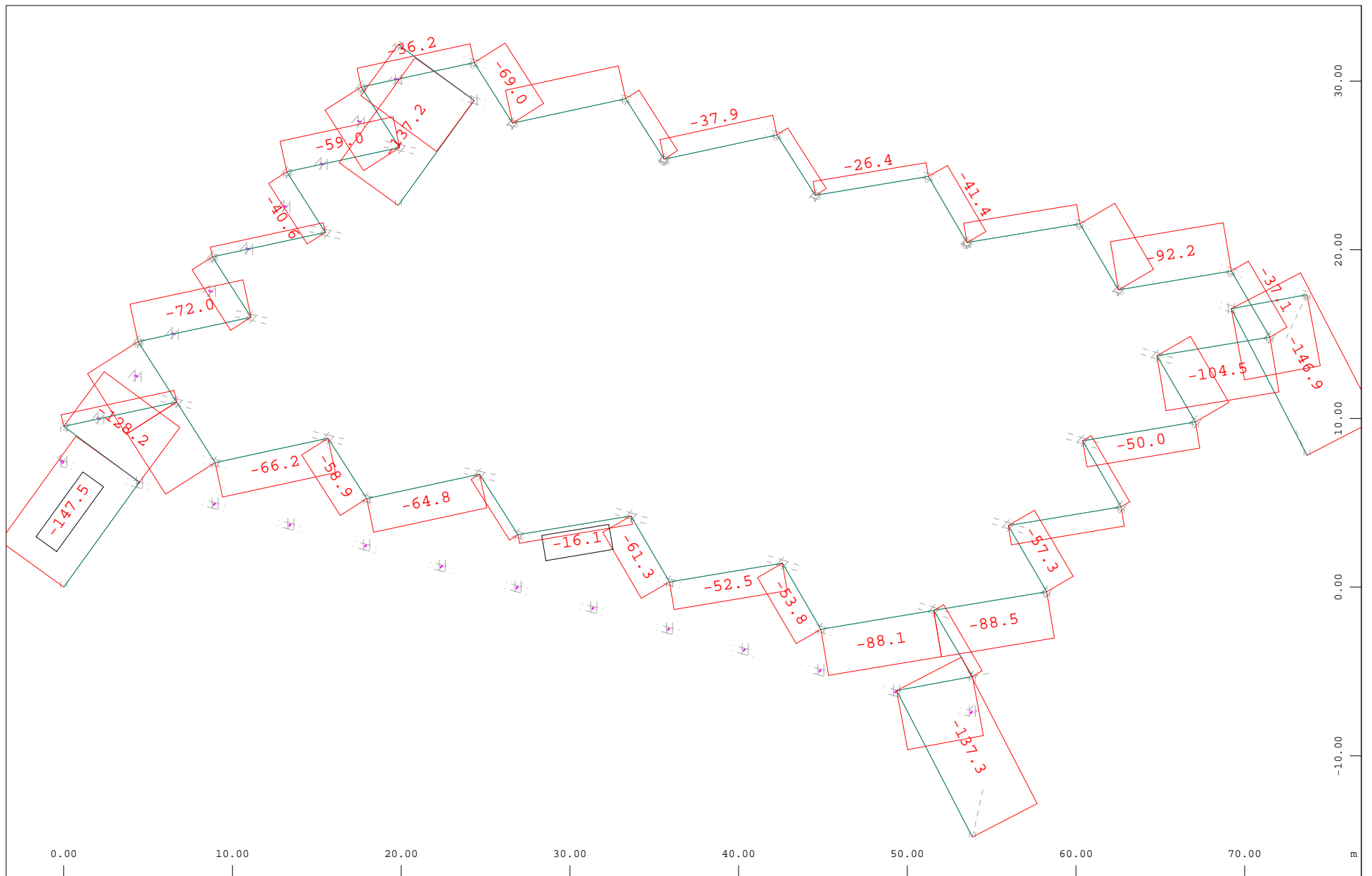
Truss Elements , Normal force Nx, Loadcase 300141 MAXE-N TRUS Forces in Truss Elem , 1 cm 3D = 100.0 kN (Max=150.7)

M 1 : 315

X \* 0.931

Y \* 0.669

Z \* 0.828



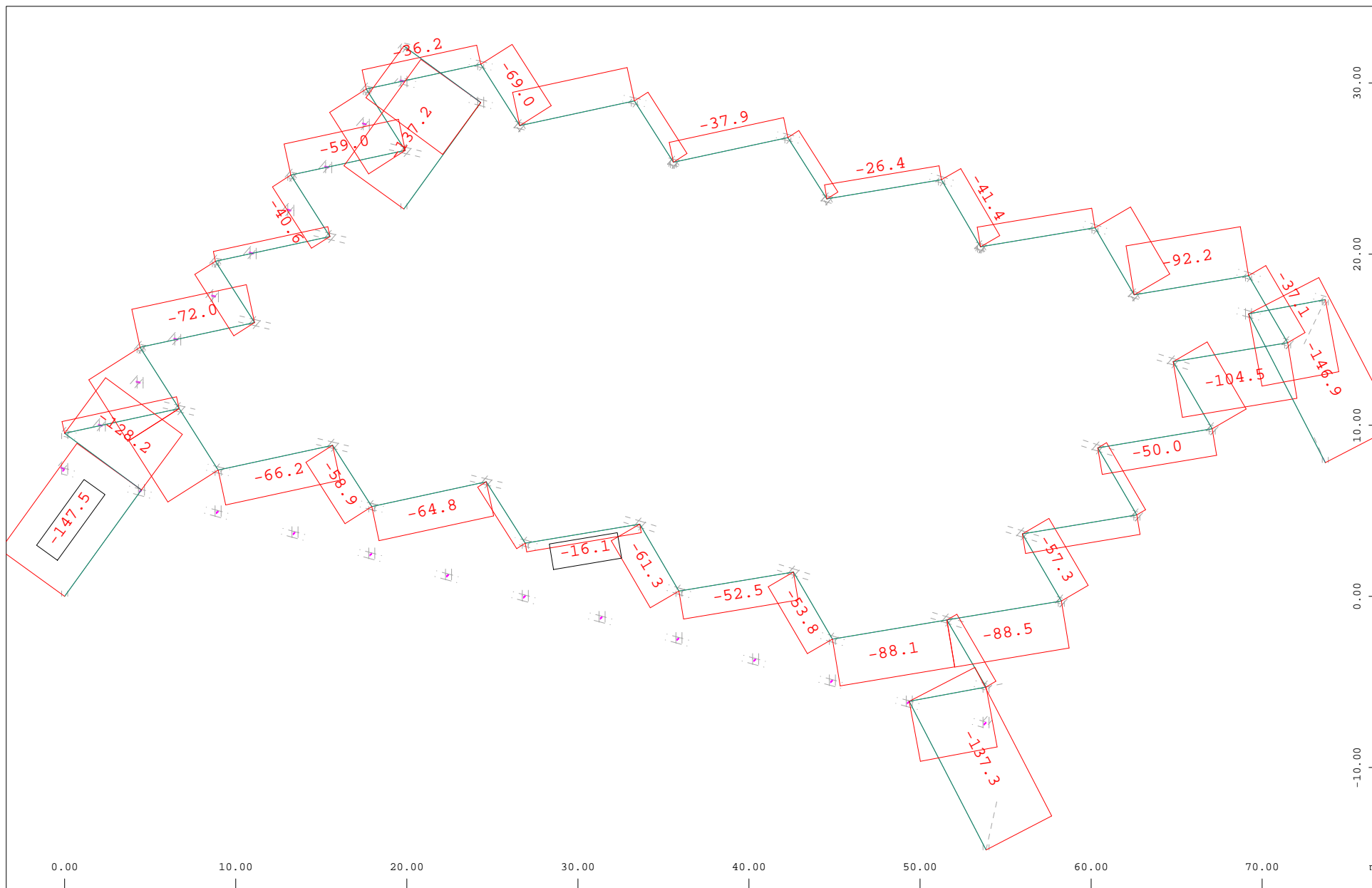
Z  
Y  
X

Sector of system Truss Elements Group 141 142 151

Truss Elements , Normal force Nx, Loadcase 300142 MINE-N TRUS Forces in Truss Elem , 1 cm 3D = 100.0 kN (Min=-147.5) (Max=-16.1)

M 1 : 315

X \* 0.931  
Y \* 0.669  
Z \* 0.828



Z  
Y  
X

Sector of system Truss Elements Group 141 142 151

Truss Elements , Normal force Nx, Loadcase 300142 MINE-N TRUS Forces in Truss Elem , 1 cm 3D = 100.0 kN (Min=-147.5) (Max=-16.1)

M 1 : 315

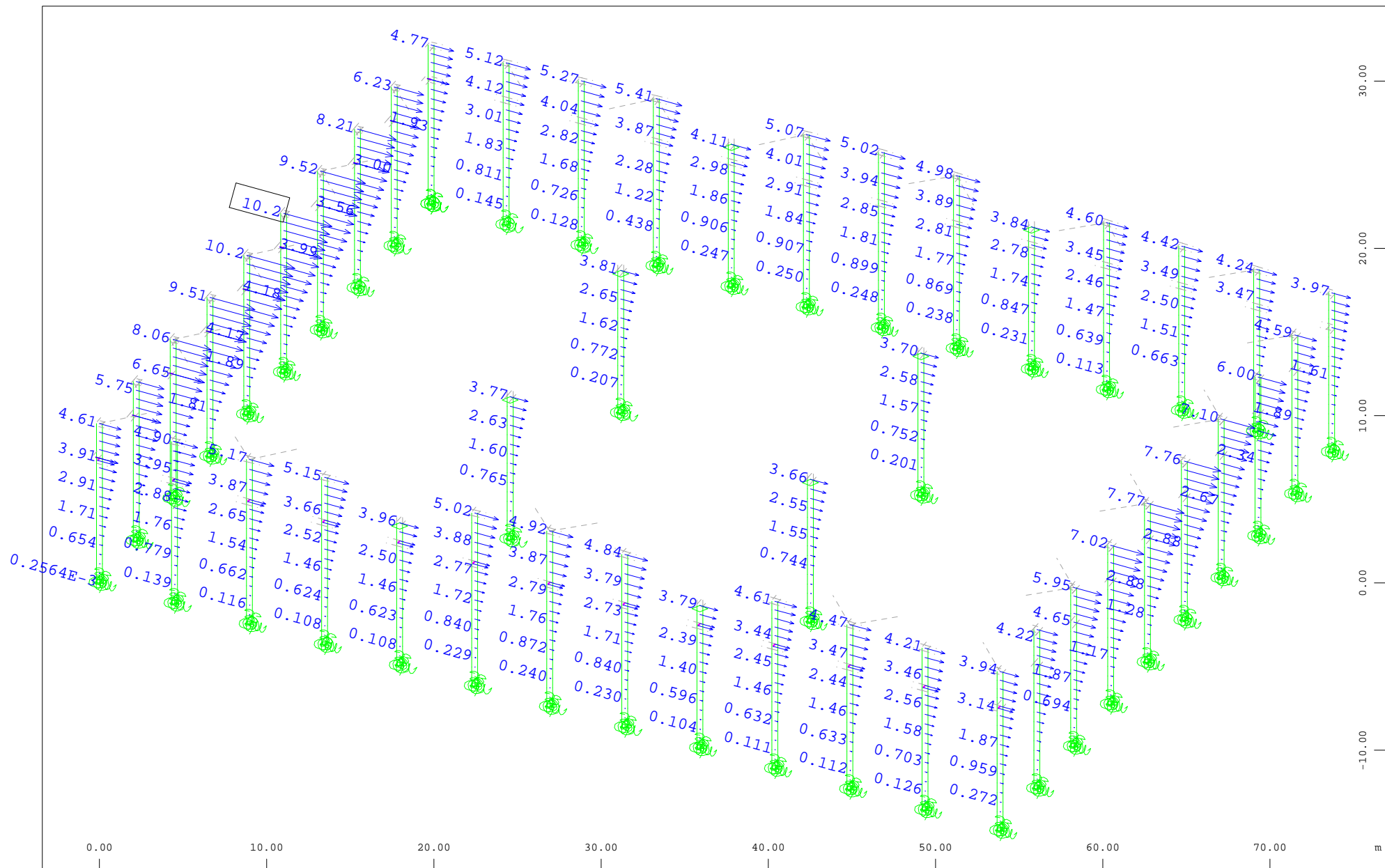
X \* 0.931

Y \* 0.669

Z \* 0.828



**1.A9. DESPLAZAMIENTOS DE LOS NUDOS.  
COMBINACIÓN CARACTERISTICA**



$\begin{matrix} Z \\ Y \\ X \end{matrix}$

Sector of system Group 0...6

Nodal displacement in global X, Loadcase 202171 MAXR-UX NODE Desplazamientos , 1 cm 3D = 10.0 mm

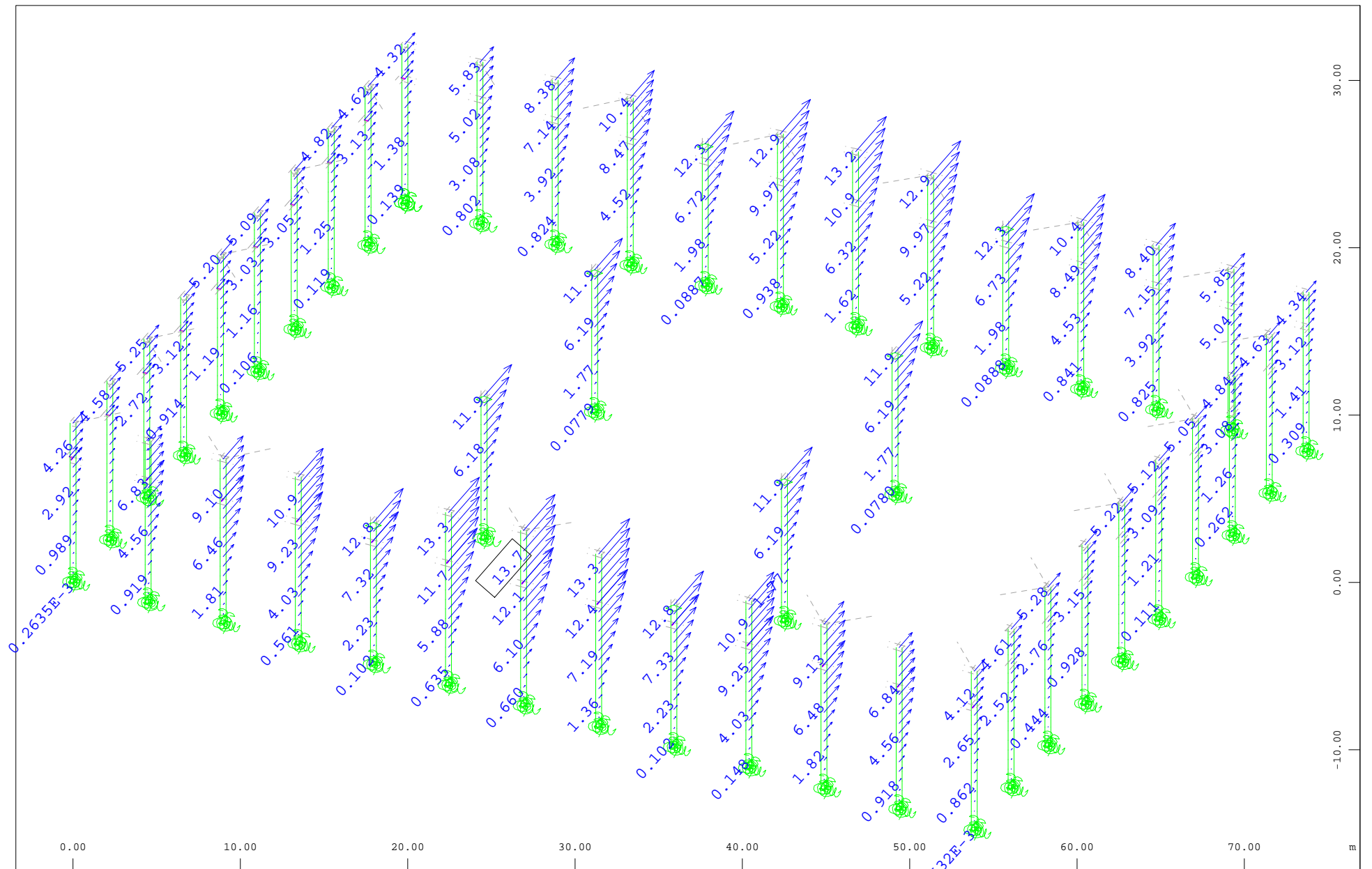
$\Rightarrow$  (Max=10.2)

M 1 : 315

X \* 0.931

Y \* 0.669

Z \* 0.828



$\begin{matrix} Z \\ Y \\ X \end{matrix}$

Sector of system Group 0...6

Nodal displacement in global Y, Loadcase 202173 MAXR-UY NODE Desplazamientos , 1 cm 3D = 10.0 mm

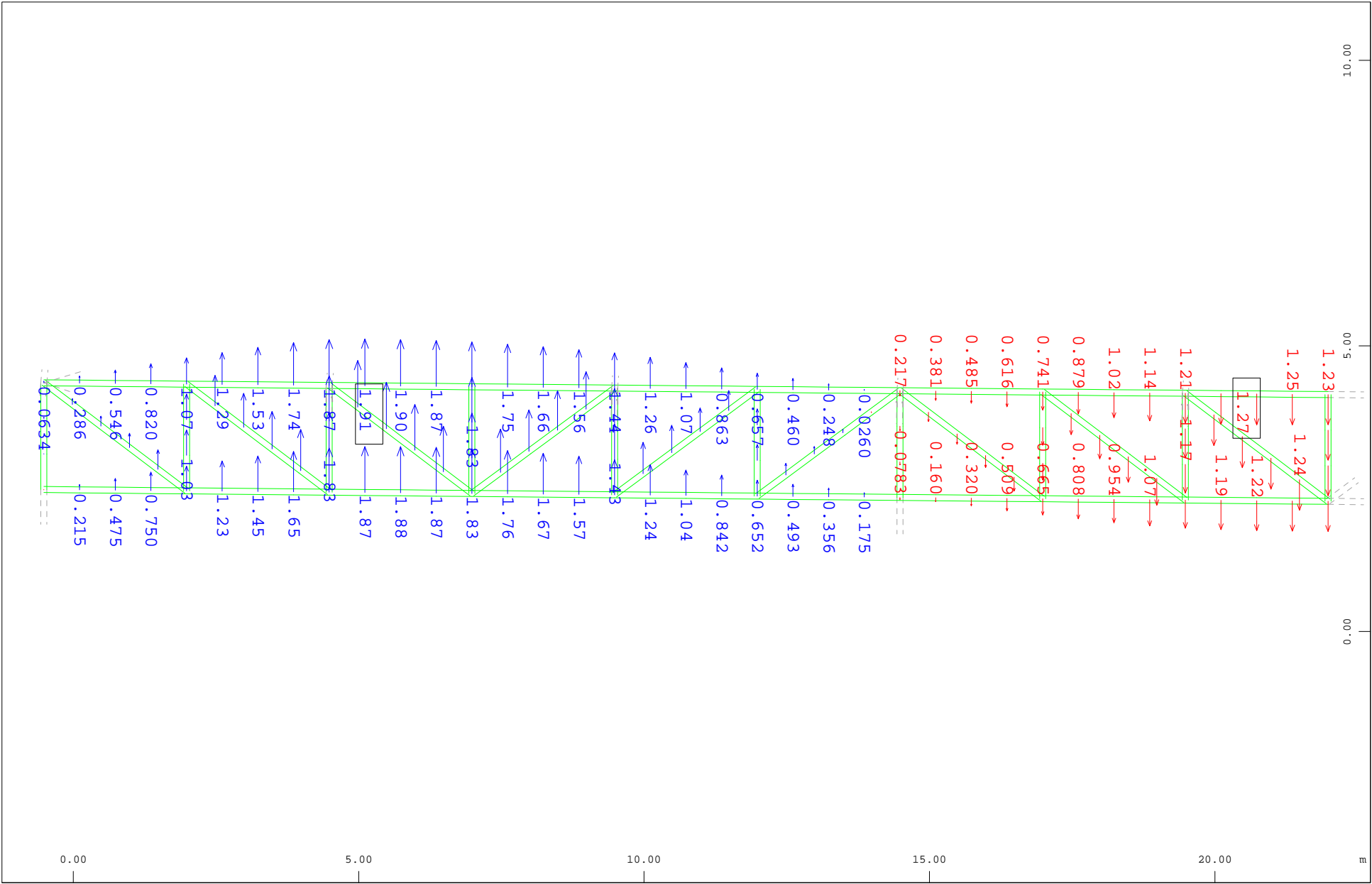
$\Rightarrow$  (Max=13.7)

M 1 : 315

X \* 0.931

Y \* 0.669

Z \* 0.828



Sector of system Beam Elements Group 101...105

Nodal displacement in global Z, Loadcase 202175 MAXR-UZ NODE Desplazamientos , 1 cm 3D = 2.05 mm

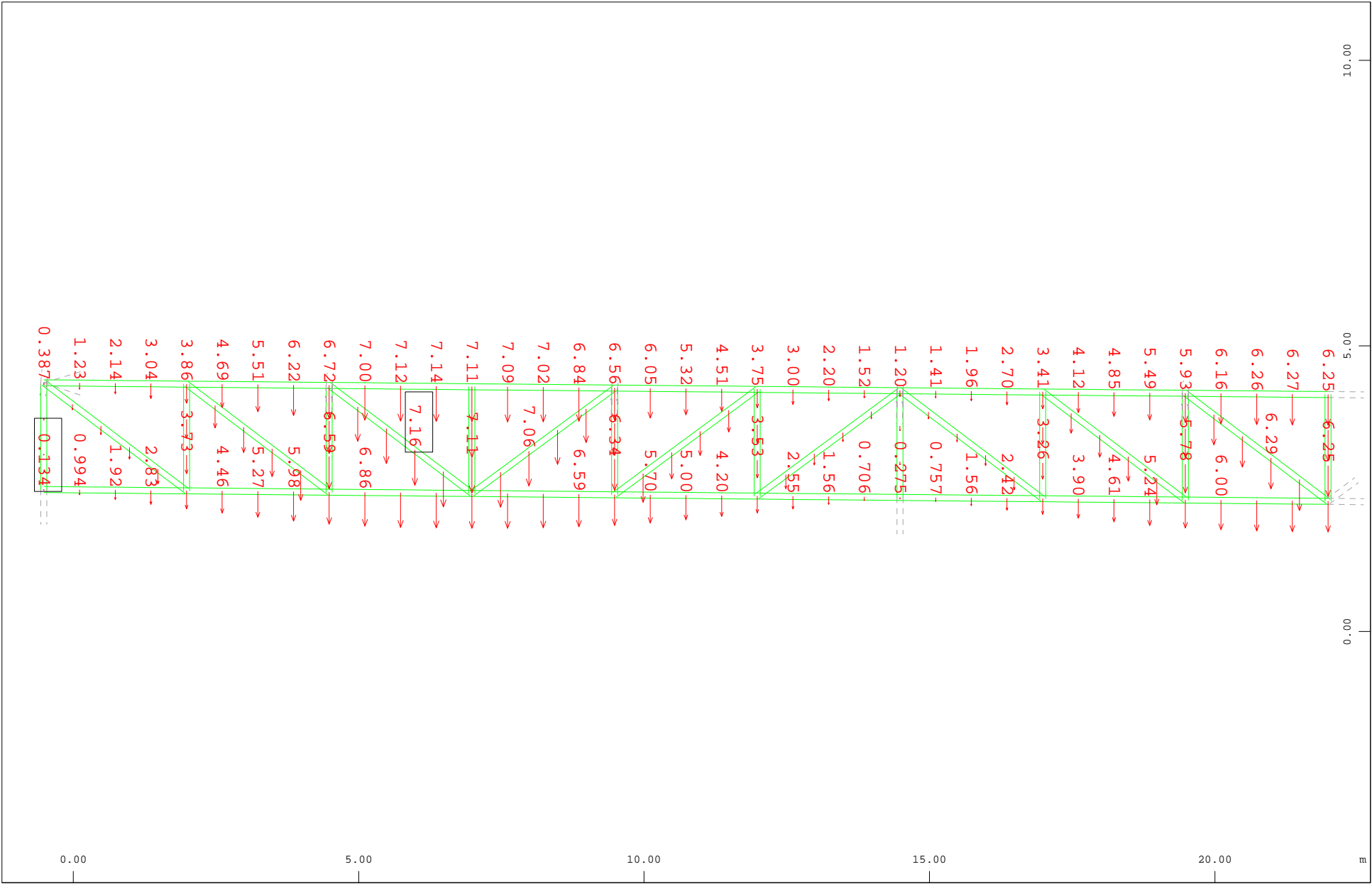
➤ (Min=-1.27) (Max=1.91)

M 1 : 94

X \* 0.358

Y \* 1.000

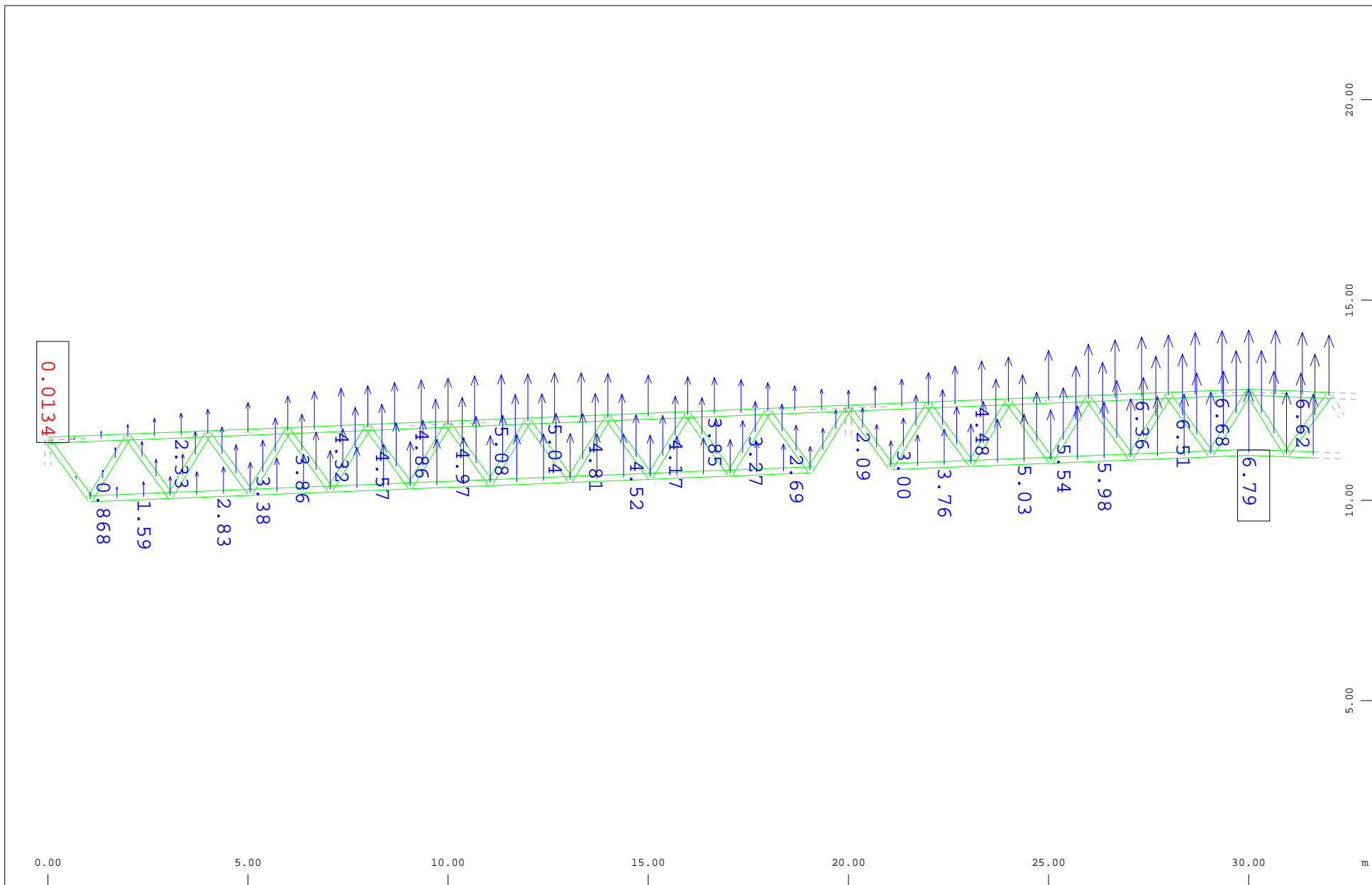
Z \* 0.934



Sector of system Beam Elements Group 101...105  
Nodal displacement in global Z, Loadcase 202176 MINR-UZ NODE Desplazamientos , 1 cm 3D = 10.2 mm  
M 1 : 94  
X \* 0.358  
Y \* 1.000  
Z \* 0.934  
(Min=-7.16) (Max=-0.134)



z Sector of system Beam Elements Group 110 111 113  
 y-x Nodal displacement in global Z, Loadcase 202176 MINR-UZ NODE Desplazamientos , 1 cm 3D = 11.5 mm  
 M 1 : 134



Sector of system Beam Elements Group 110 111 113

Nodal displacement in global Z, Loadcase 202175 MAXR-UZ NODE Desplazamientos , 1 cm 3D = 5.74 mm

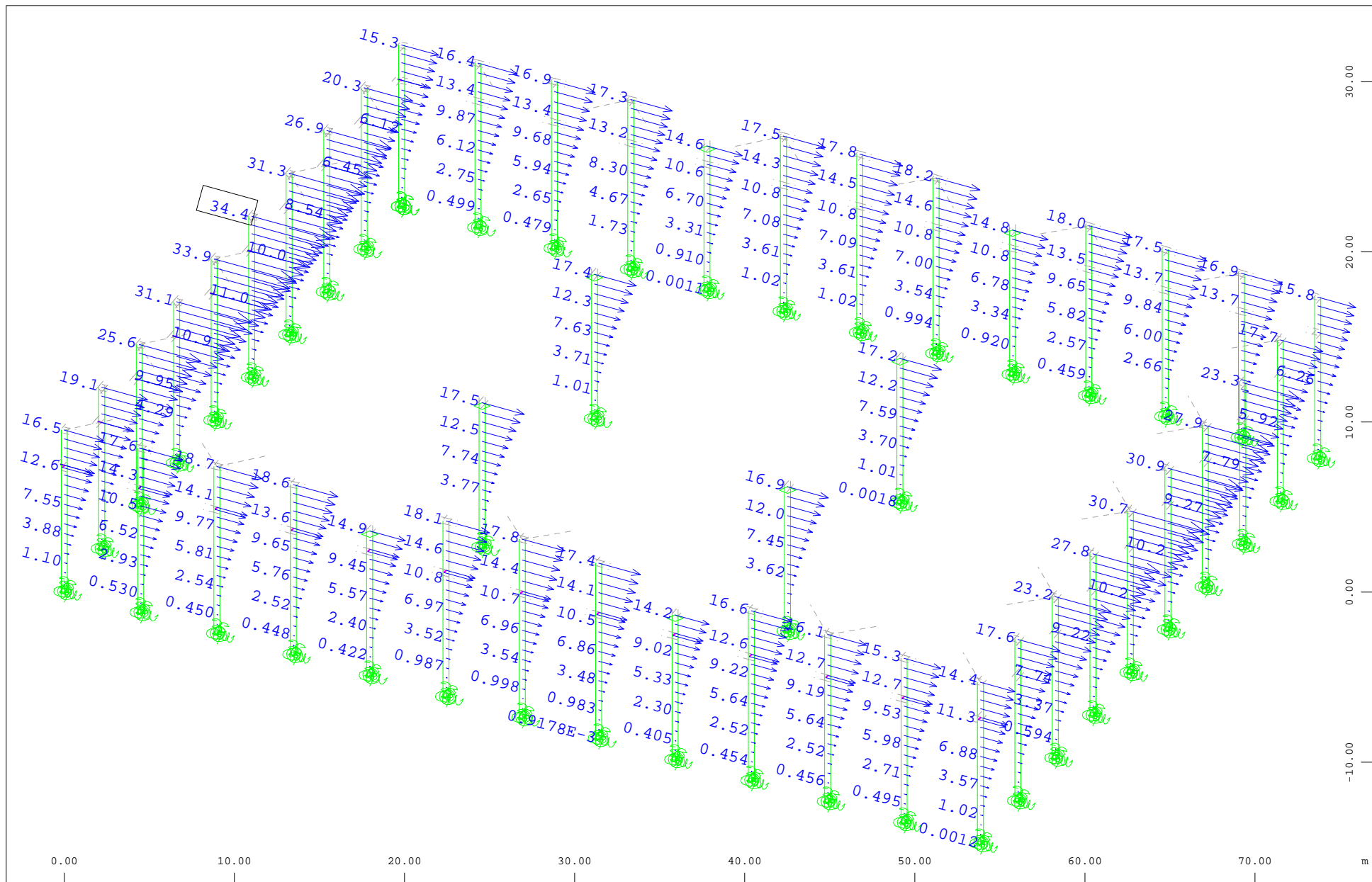
(Min=-0.0134) (Max=6.79)

M 1 : 134



**1.A10. DESPLAZAMIENTOS DE LOS NUDOS EN  
SITUACIÓN SISMICA (ESPECTRO DE RESPUESTA  
ELASTICO)**

**1.A11. DISEÑO DE BARRAS. COEFICIENTE DE  
AGOTAMIENTO DE LAS BARRAS**



$\begin{matrix} Z \\ Y \\ X \end{matrix}$

Sector of system Group 0...6

Nodal displacement in global X, Loadcase 300171 MAXE-UX NODE Nodal Displacements , 1 cm 3D = 20.0 mm

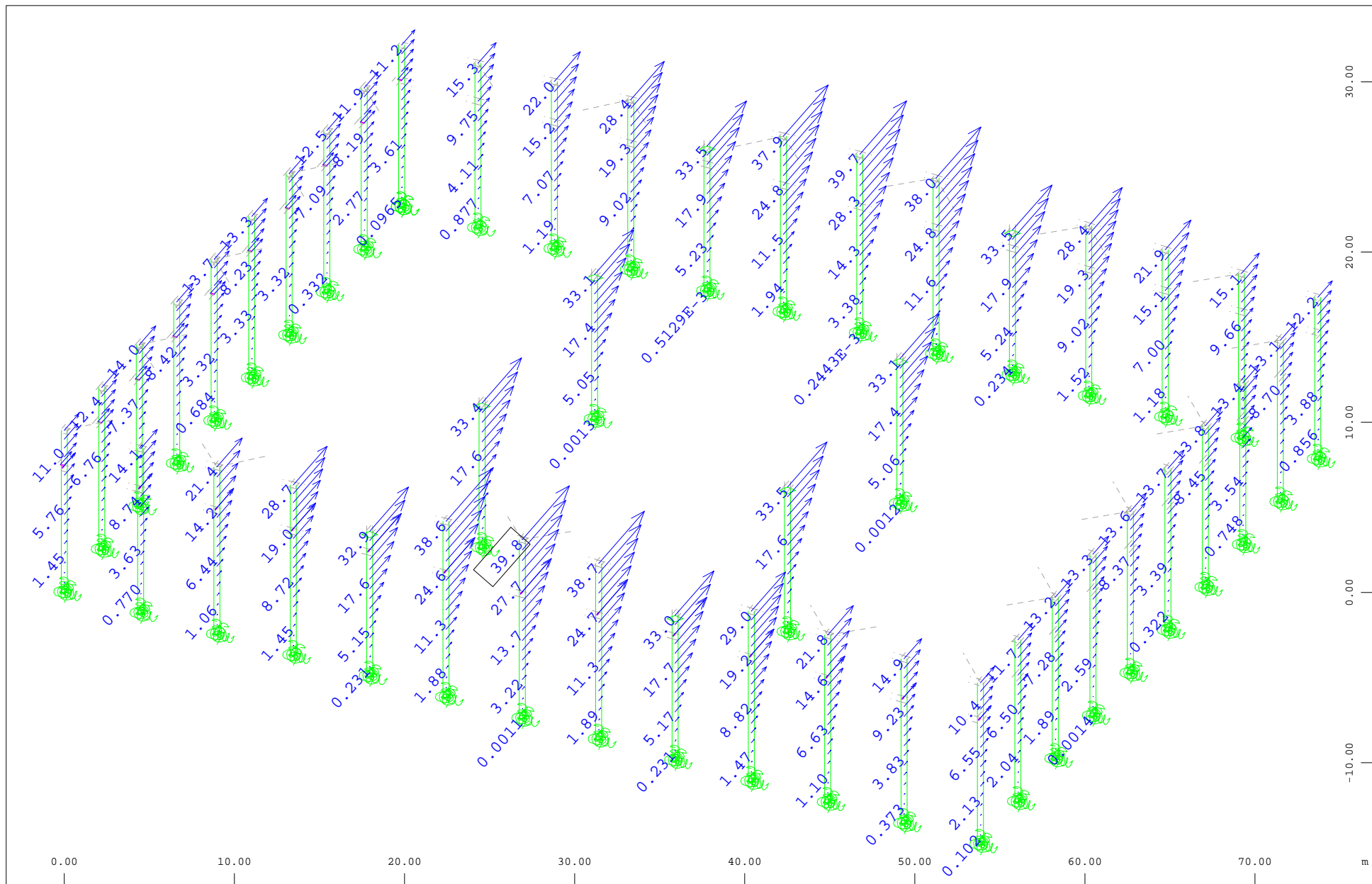
$\Rightarrow$  (Max=34.4)

M 1 : 315

X \* 0.931

Y \* 0.669

Z \* 0.828



$\begin{matrix} z \\ y \\ \swarrow \searrow \\ x \end{matrix}$

Sector of system Group 0...6

Nodal displacement in global Y, Loadcase 300173 MAXE-UY NODE Nodal Displacements , 1 cm 3D = 20.0 mm

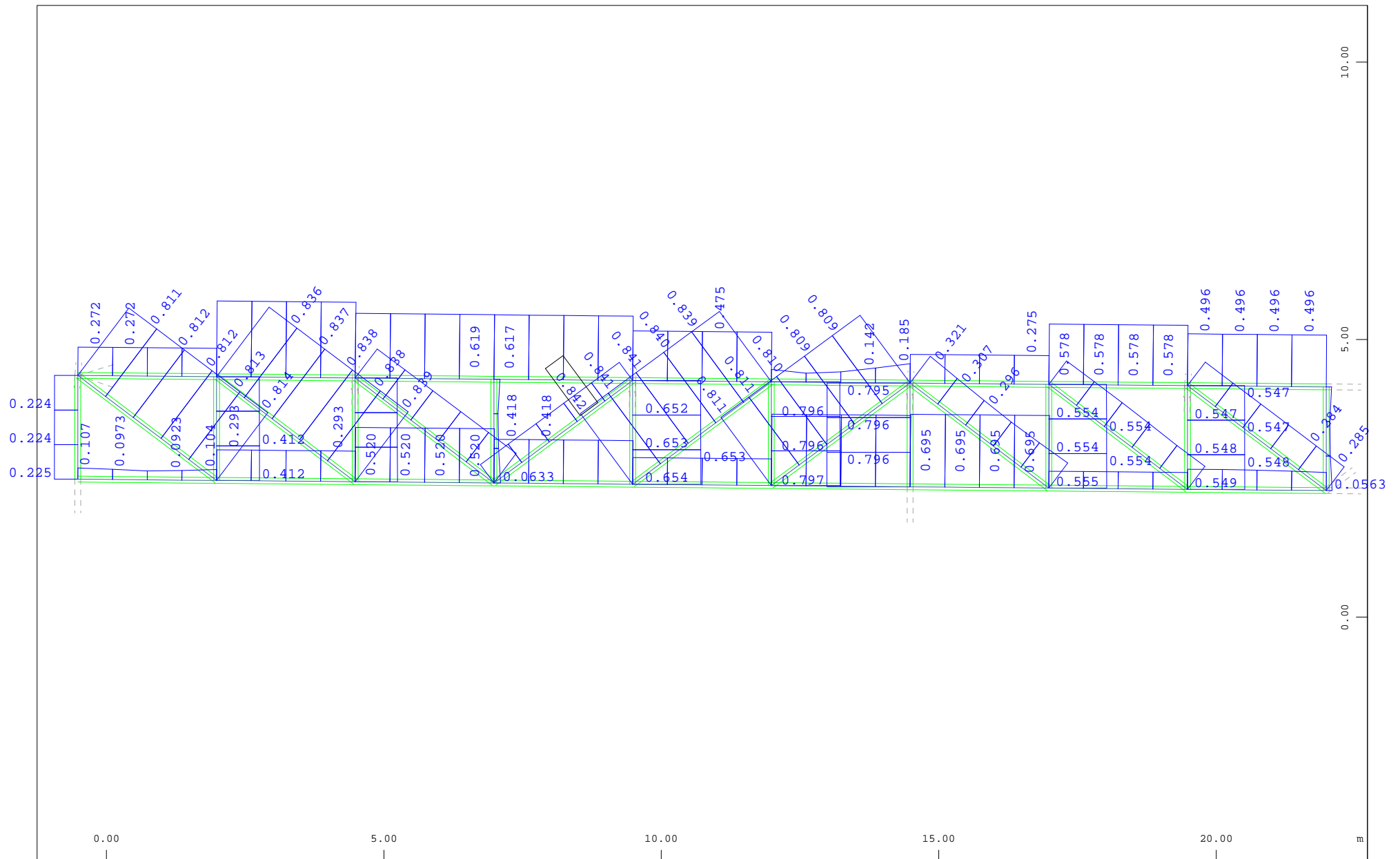
(Max=39.8)

M 1 : 315

X \* 0.931

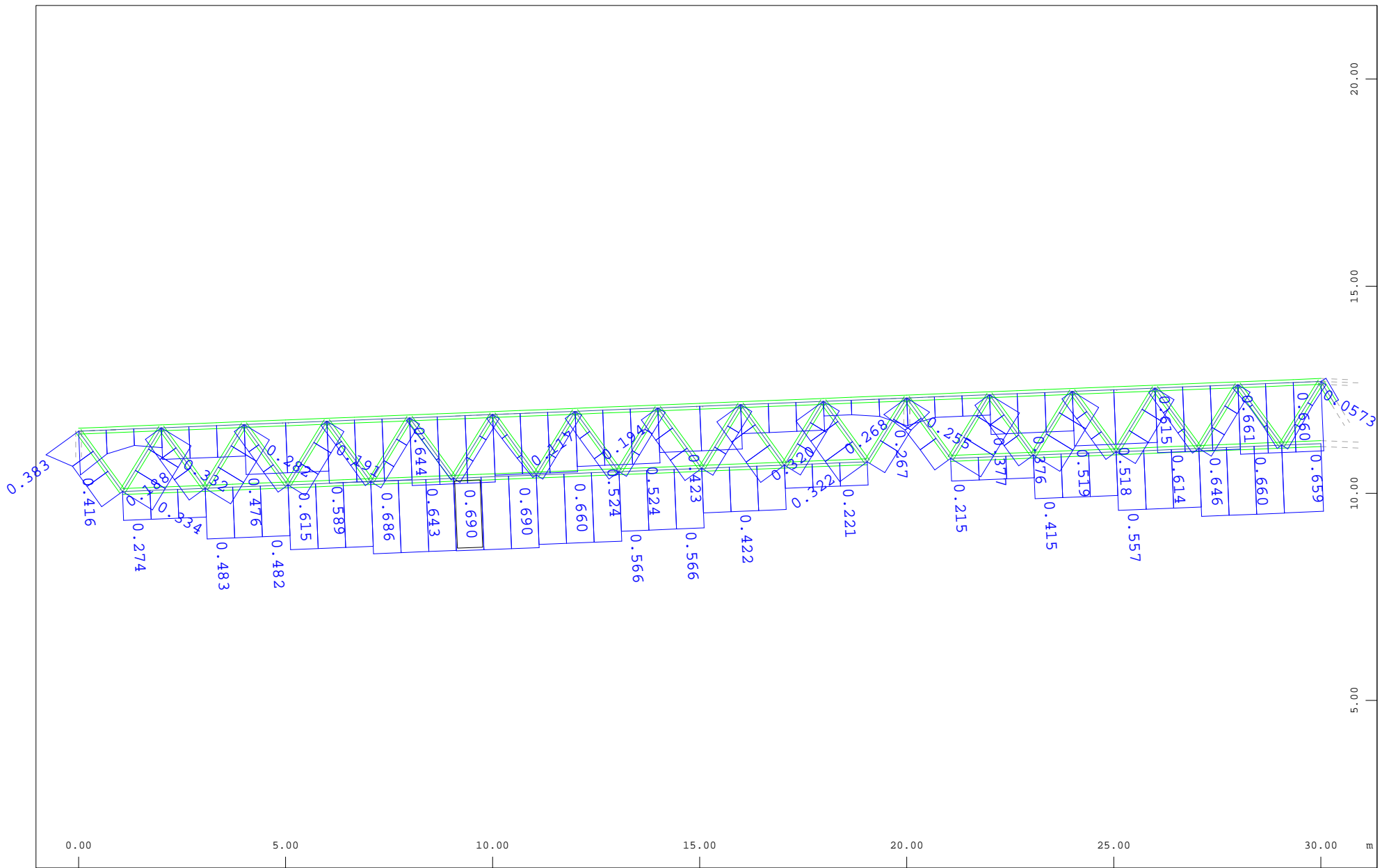
Y \* 0.669

Z \* 0.828



Z Sector of system Beam Elements Group 101...105  
 X-Y Beam Elements , Utilisation level (all effects), Design Case 901 MAX-AQB-S , 1 cm 3D = 0.500 (Max=0.842)

M 1 : 94  
 X \* 0.358  
 Y \* 1.000  
 Z \* 0.934



z Sector of system Beam Elements Group 110 111 113  
 y-x Beam Elements , Utilisation level (all effects), Design Case 901 MAX-AQB-S , 1 cm 3D = 0.500 (Max=0.690)

M 1 : 127





## **ANEJO 2.A: Cálculos SOFISTIK Nave 2, Pórticos de Alma Llena.**

**2.A1. ESTRUCTURA**

**2.A2. GRUPOS PILARES Y ARRIOTRAMIENTOS**

**2.A2.1 Número de grupos**

**2.A2.2 Material de las barras**

**2.A2.3 Secciones de las barras**

**2.A3. GRUPOS CERCHAS (PARALELAS DIR. Y)**

**2.A3.1 Número de grupos**

**2.A3.2 Material de las barras**

**2.A3.3 Secciones de las barras**

**2.A4. GRUPO DINTELES DE PÓRTICOS (PARALELOS DIR. X)**

**2.A4.1 Número de grupos**

**2.A4.2 Material de las barras**

**2.A4.3 Secciones de las barras**

**2.A5. GRUPOS CORREAS**

**2.A5.1 Número de grupos**

**2.A5.2 Material de las barras**

**2.A5.3 Secciones de las barras**

**2.A6. GRUPOS VIGAS**

**2.A6.1 Número de grupos**

**2.A6.2 Material de las barras**

**2.A6.3 Secciones de las barras**

**2.A7. CASOS DE CARGA**

**2.A8. ENVOLVENTE DE ESFUERZOS. SITUACIONES PESISTENTES Y TRANSITORIOAS (ELU)**

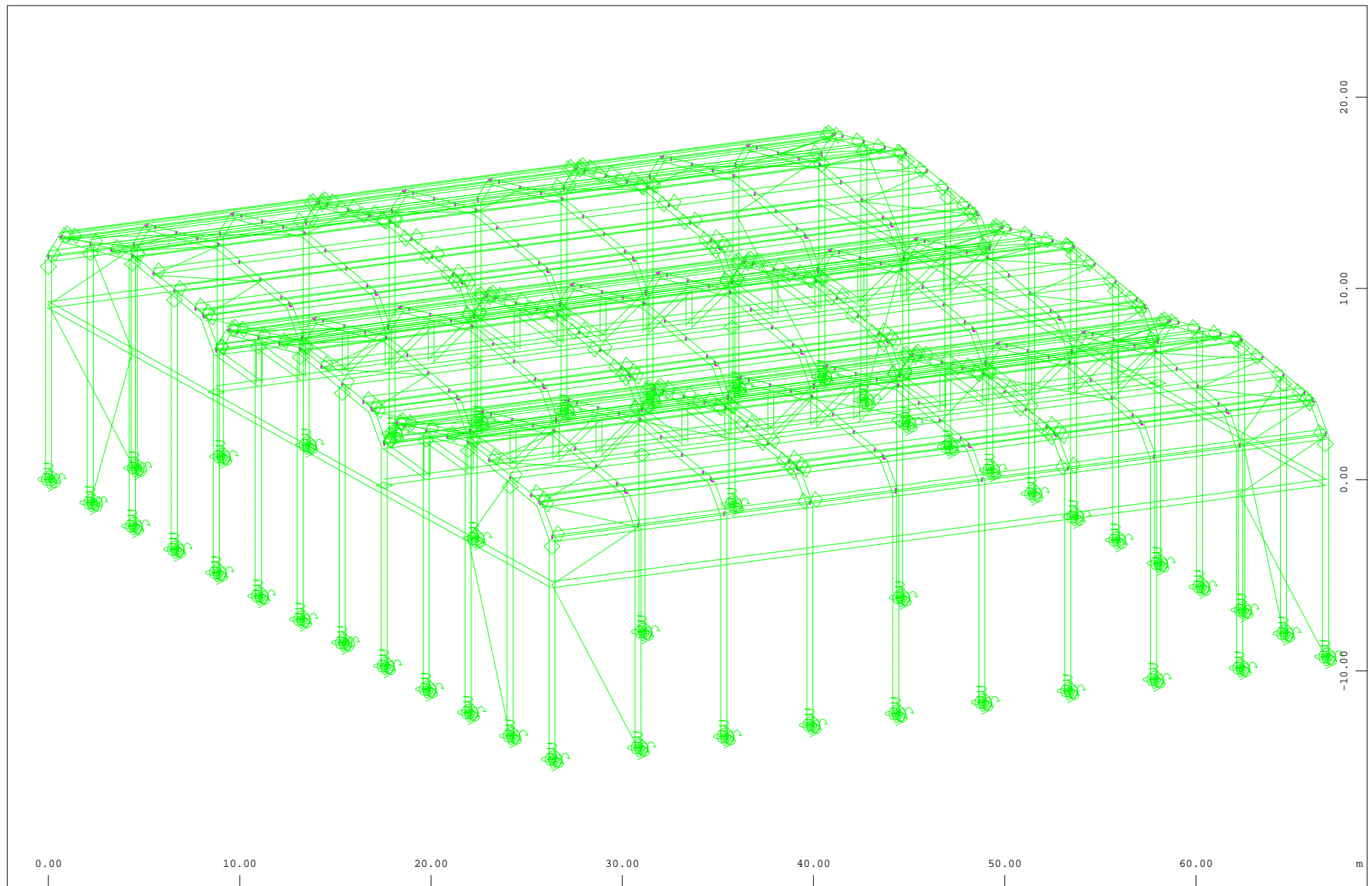
**2.A9. ENVOLVENTE DE ESFUERZOS SITUACIÓN SISMICA**

**2.A10. DESPLAZAMIENTOS DE LOS NUDOS. COMBINACIÓN CARACTERISTICA**

**2.A11. DESPLAZAMIENTOS DE LOS NUDOS EN SITUACIÓN SISMICA (ESPECTRO DE RESPUESTA ELASTICO)**

**2.A12. DISEÑO DE BARRAS. COEFICIENTE DE AGOTAMIENTO DE LAS BARRAS**

## **2.A1. ESTRUCTURA**



0.00

10.00

20.00

30.00

40.00

50.00

60.00

m

Z  
Y  
X

Structure

M 1 : 281

X \* 0.502

Y \* 0.906

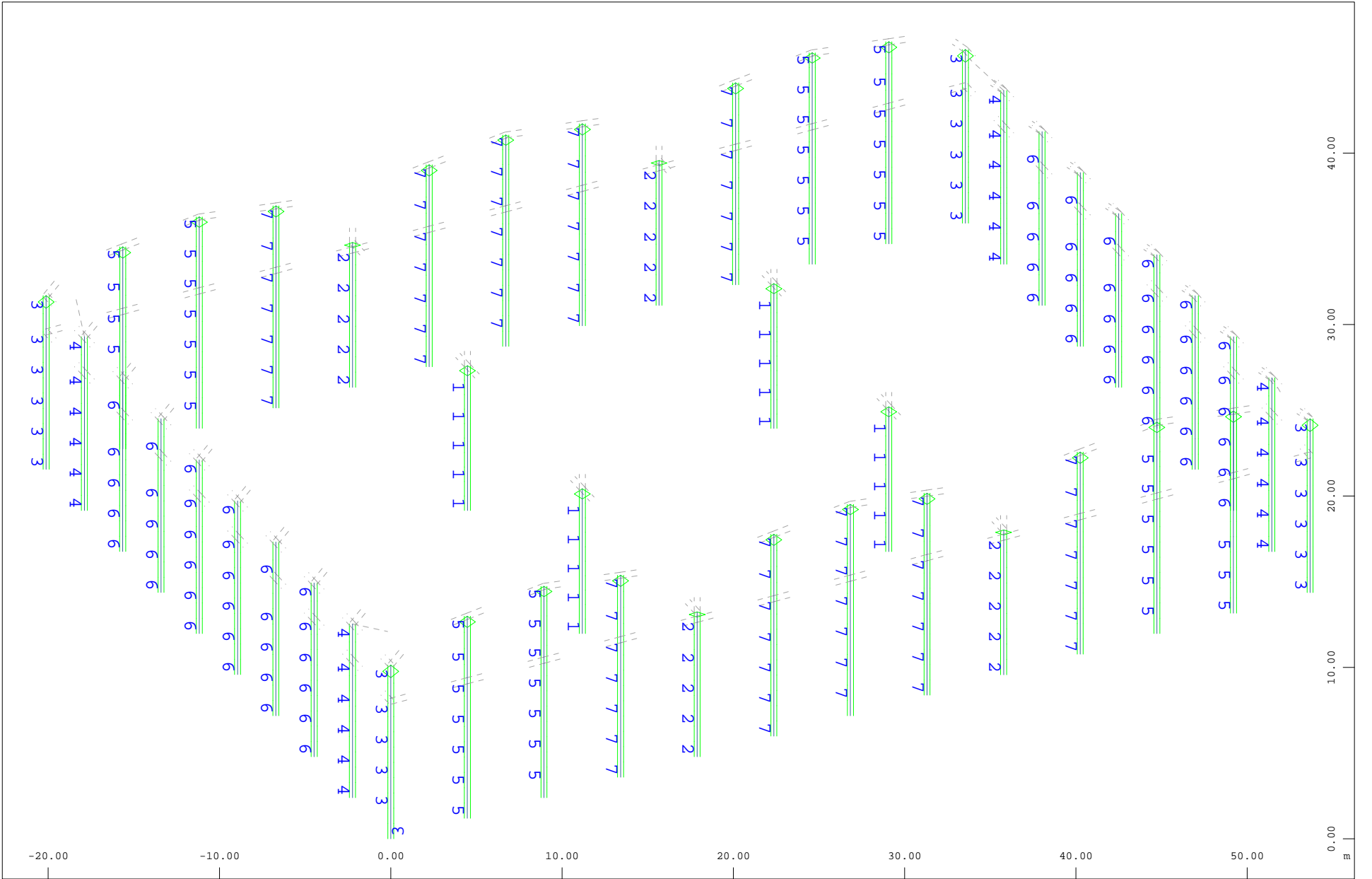
Z \* 0.962

## **2.A2. GRUPOS PILARES Y ARRIOTRAMIENTOS**

**2.A.2.1 Número de grupos**

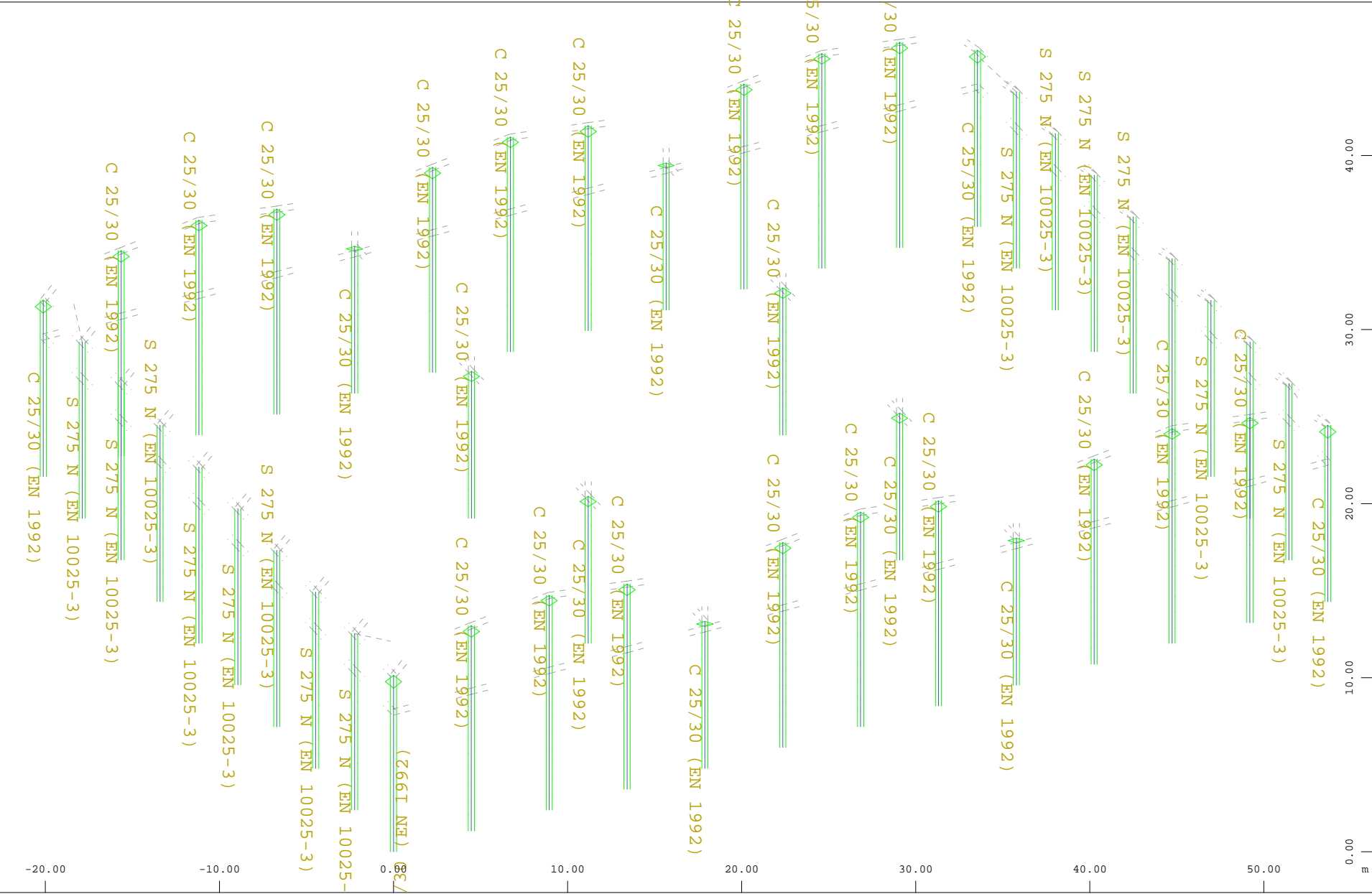
**2.A.2.2 Material de las barras**

**2.A.2.3 Secciones de las barras**



M 1 : 312  
X \* 0.926  
Y \* 0.655  
Z \* 0.845

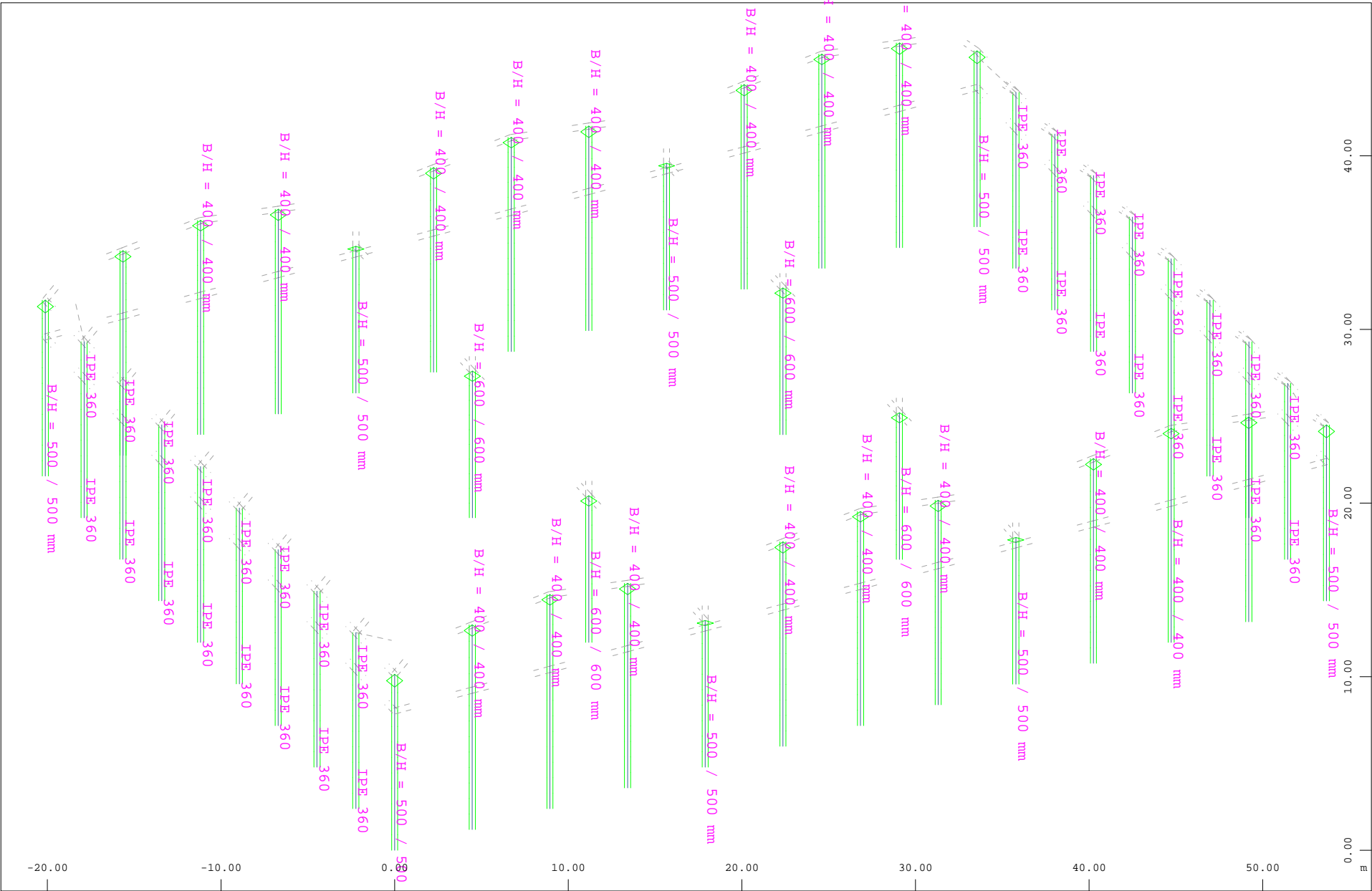
Sector of system Beam Elements Group 1...7  
Beam Elements , Number of group (Max=7)



Sector of system Beam Elements Group 1.  
Material designations, Beam Elements

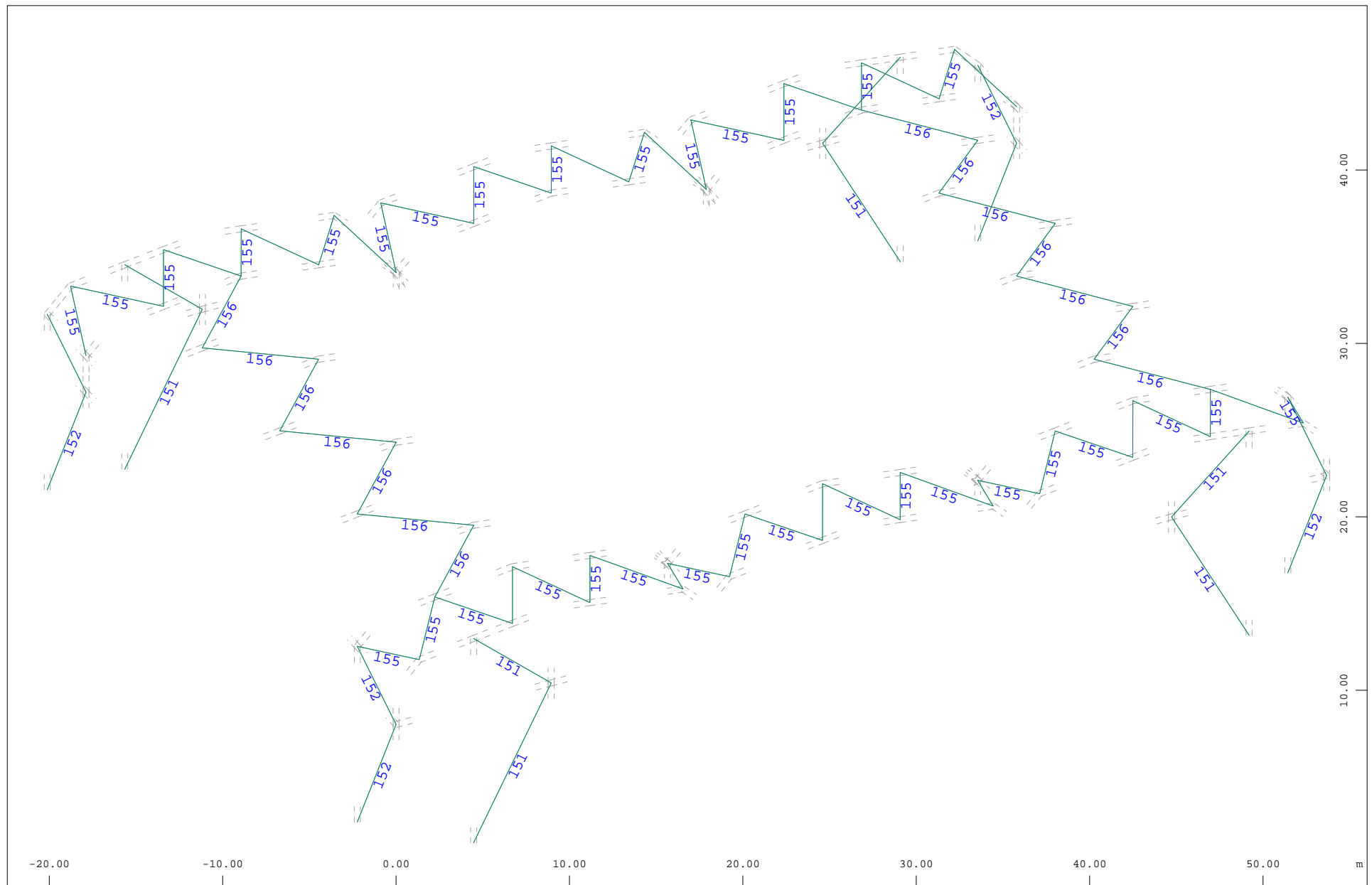
M 1 : 312  
X \* 0.926  
Y \* 0.655  
Z \* 0.845





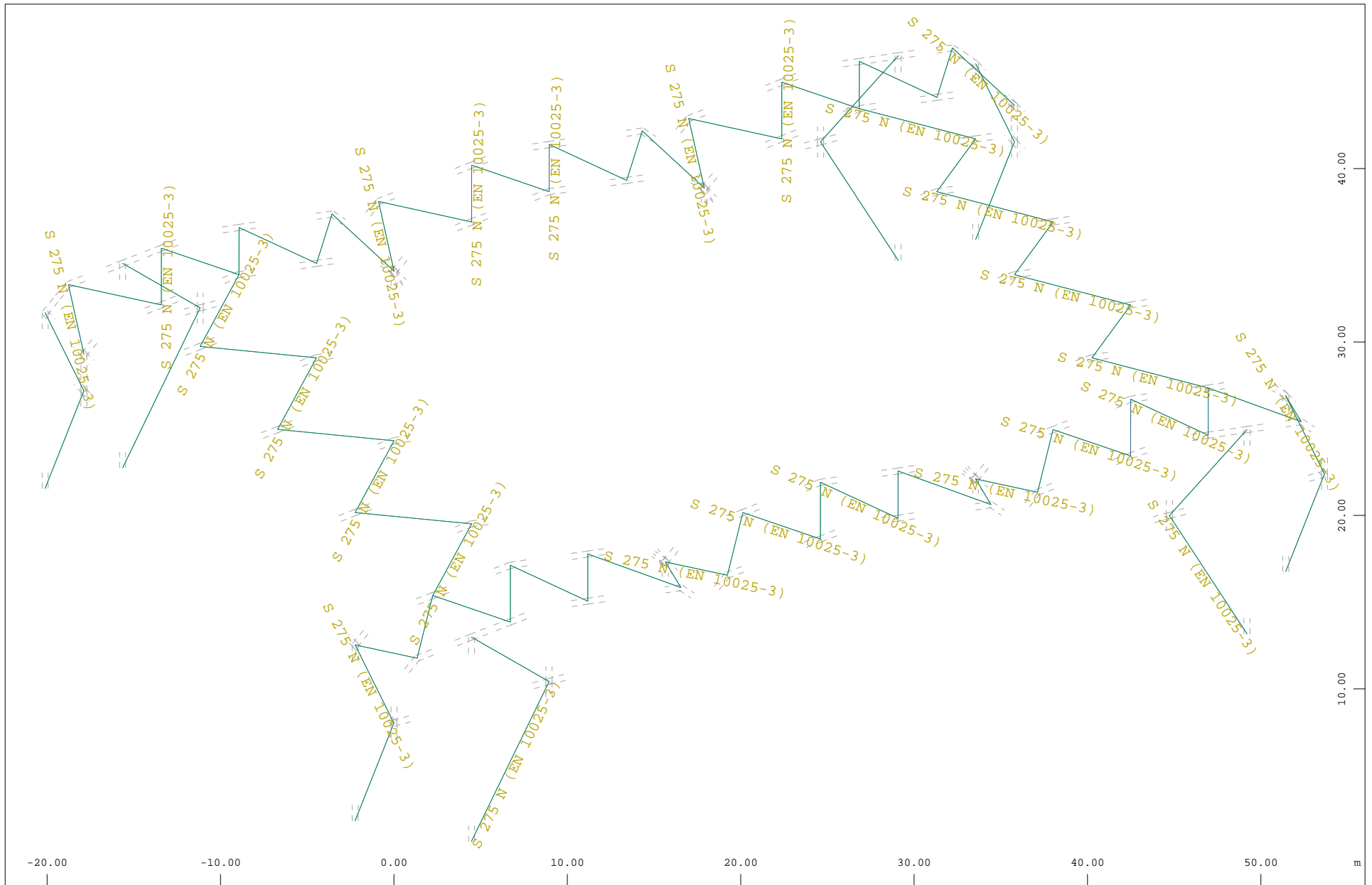
M 1 : 312  
X \* 0.926  
Y \* 0.655  
Z \* 0.845

Sector of system Beam Elements Group 1...  
Sectional Designations, Beam Elements



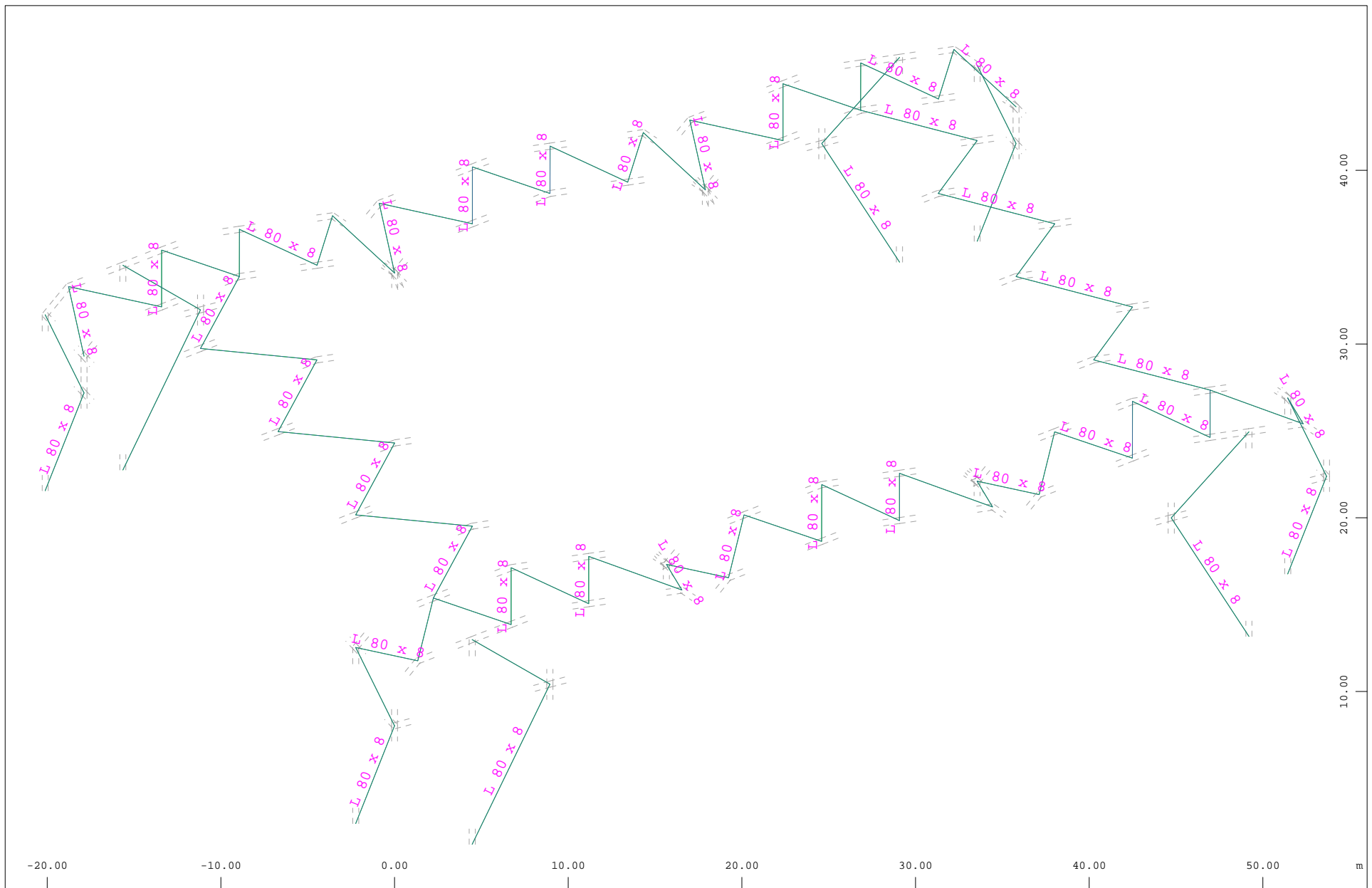
Sector of system Truss Elements  
 Number of group, Truss Elements (Max=156)

M 1 : 310  
 X \* 0.926  
 Y \* 0.655  
 Z \* 0.845



Sector of system Truss Elements  
Material designations, Truss Elements

M 1 : 310  
X \* 0.926  
Y \* 0.655  
Z \* 0.845



Sector of system Truss Elements  
 Sectional Designations, Truss Elements

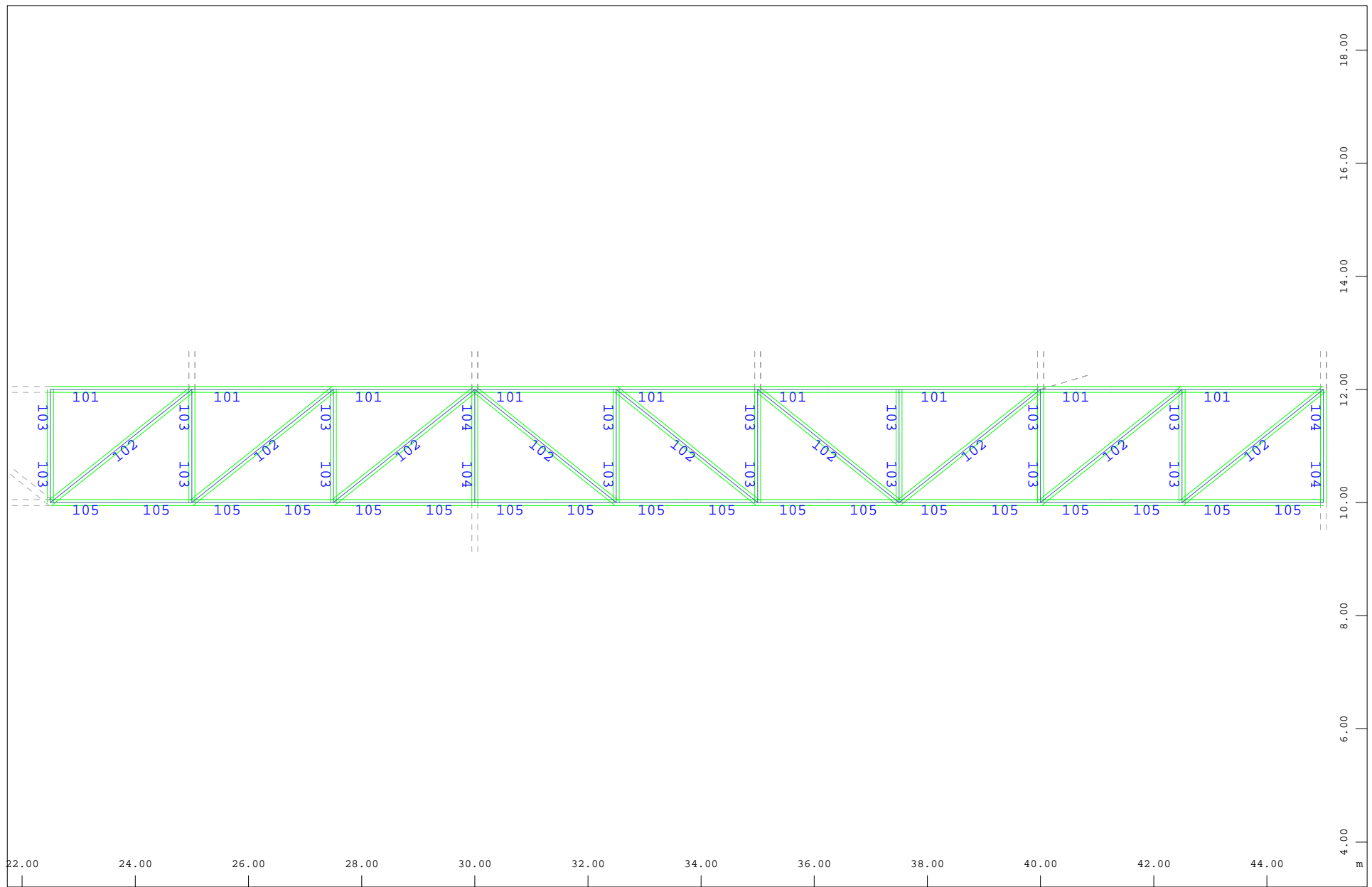
M 1 : 310  
 X \* 0.926  
 Y \* 0.655  
 Z \* 0.845

## **2.A3. GRUPOS CERCHAS PARALELAS DIR. Y**

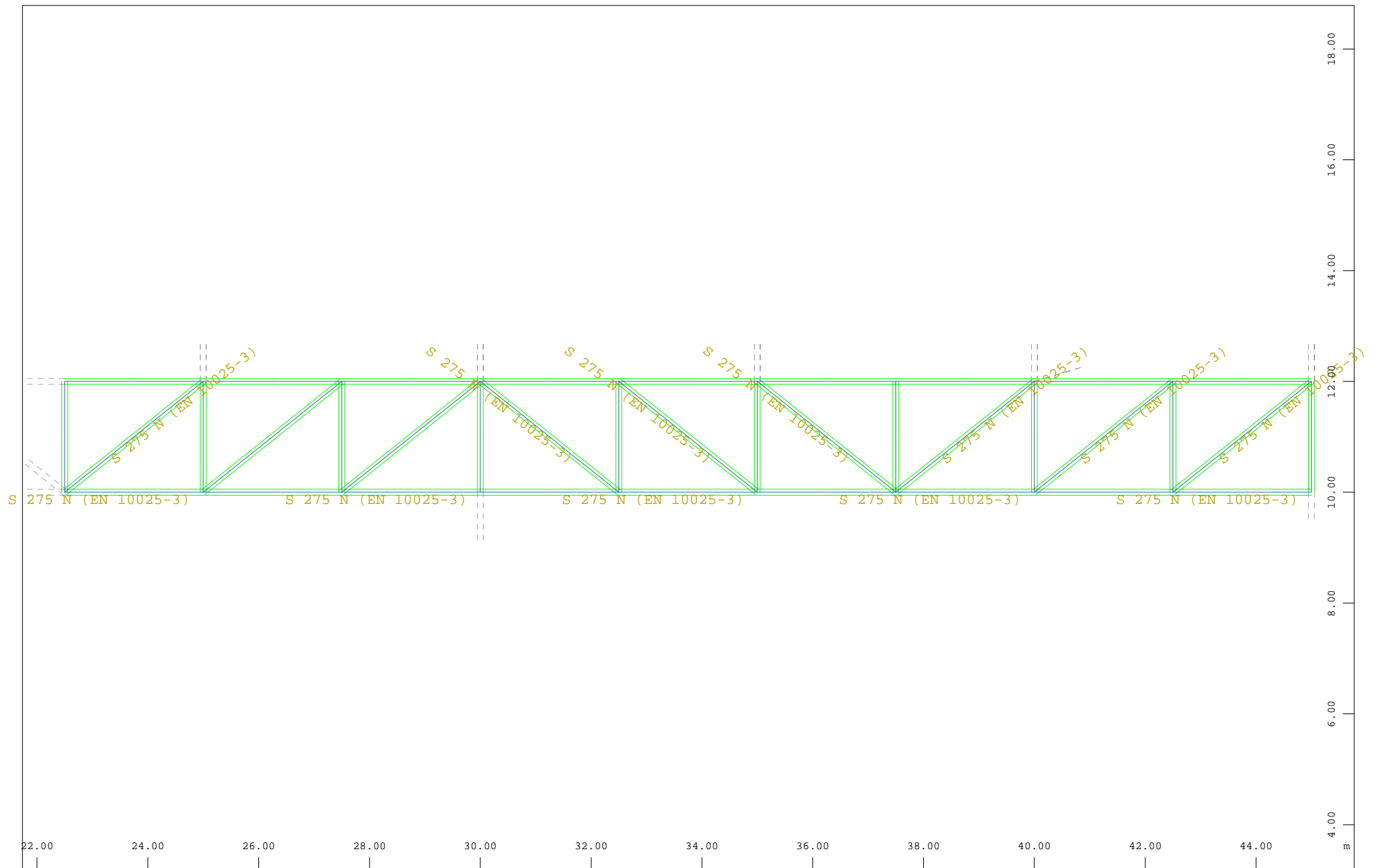
**2.A.3.1 Número de grupos**

**2.A.3.2 Material de las barras**

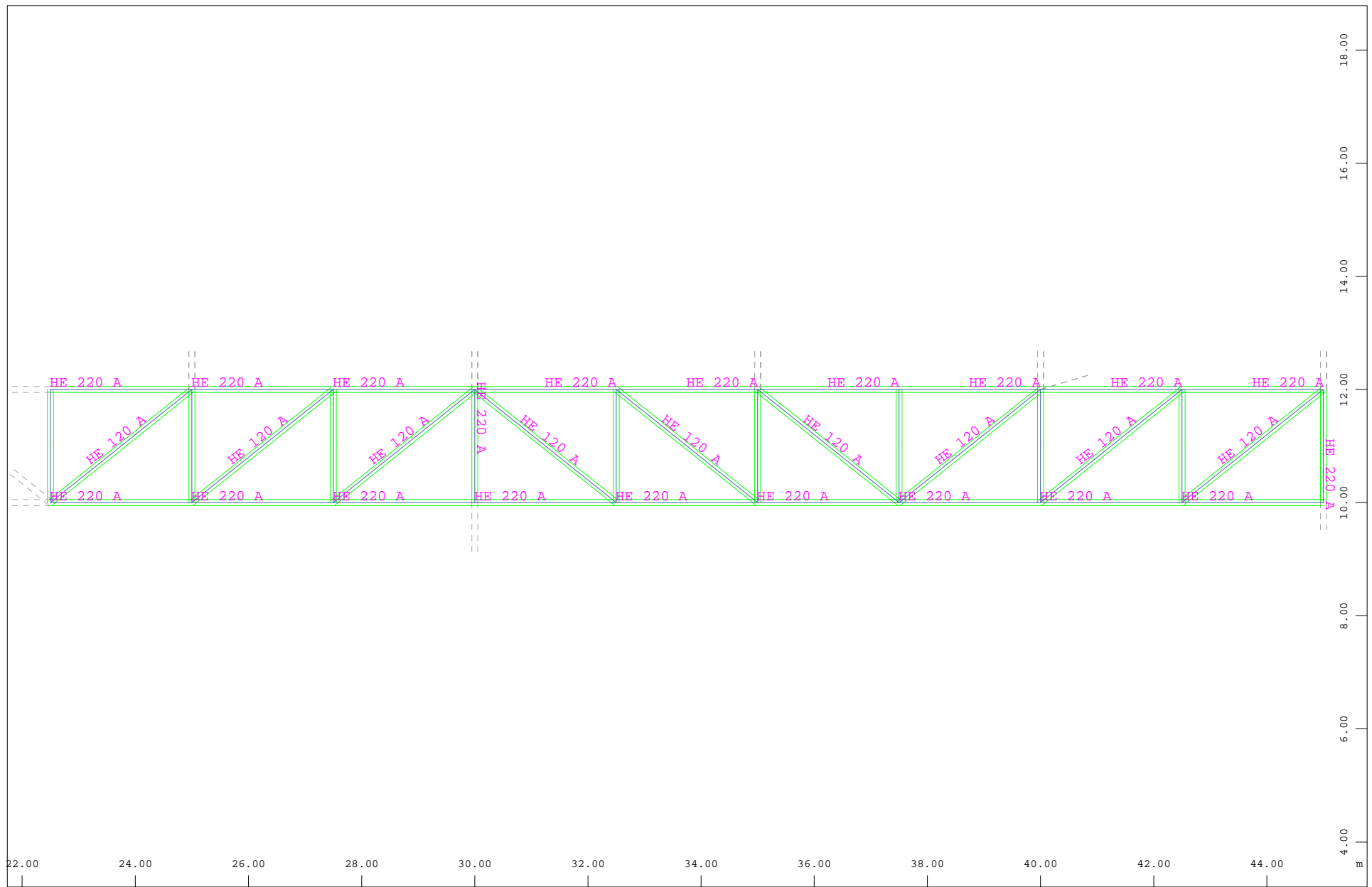
**2.A.3.3 Secciones de las barras**



z Sector of system Beam Elements Group 101...105  
x-y Number of group, Beam Elements (Max=105)

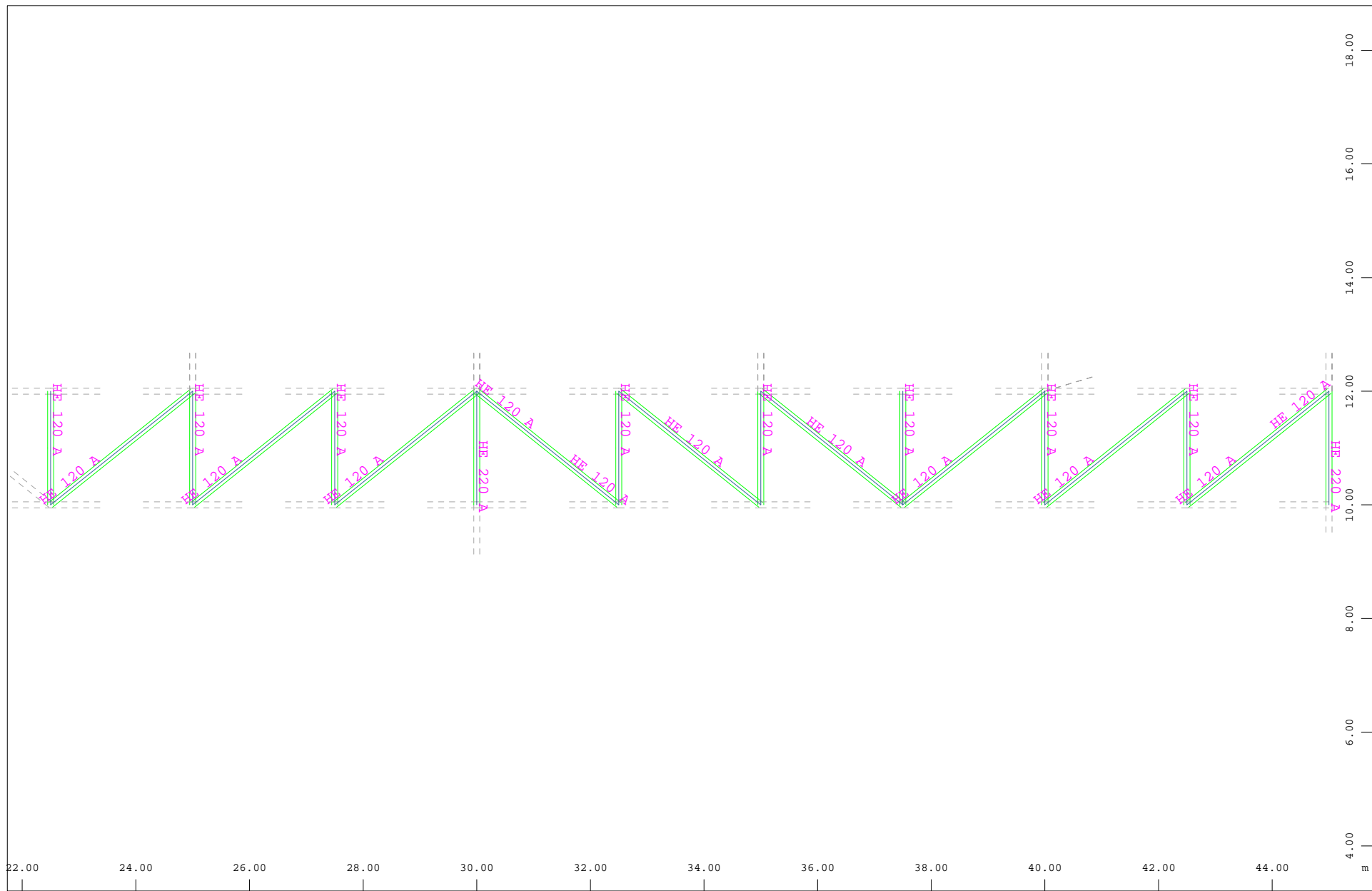


z Sector of system Beam Elements Group 101...105  
 x-y Material designations, Beam Elements



Sector of system Beam Elements Group 101...105  
Sectional Designations, Beam Elements





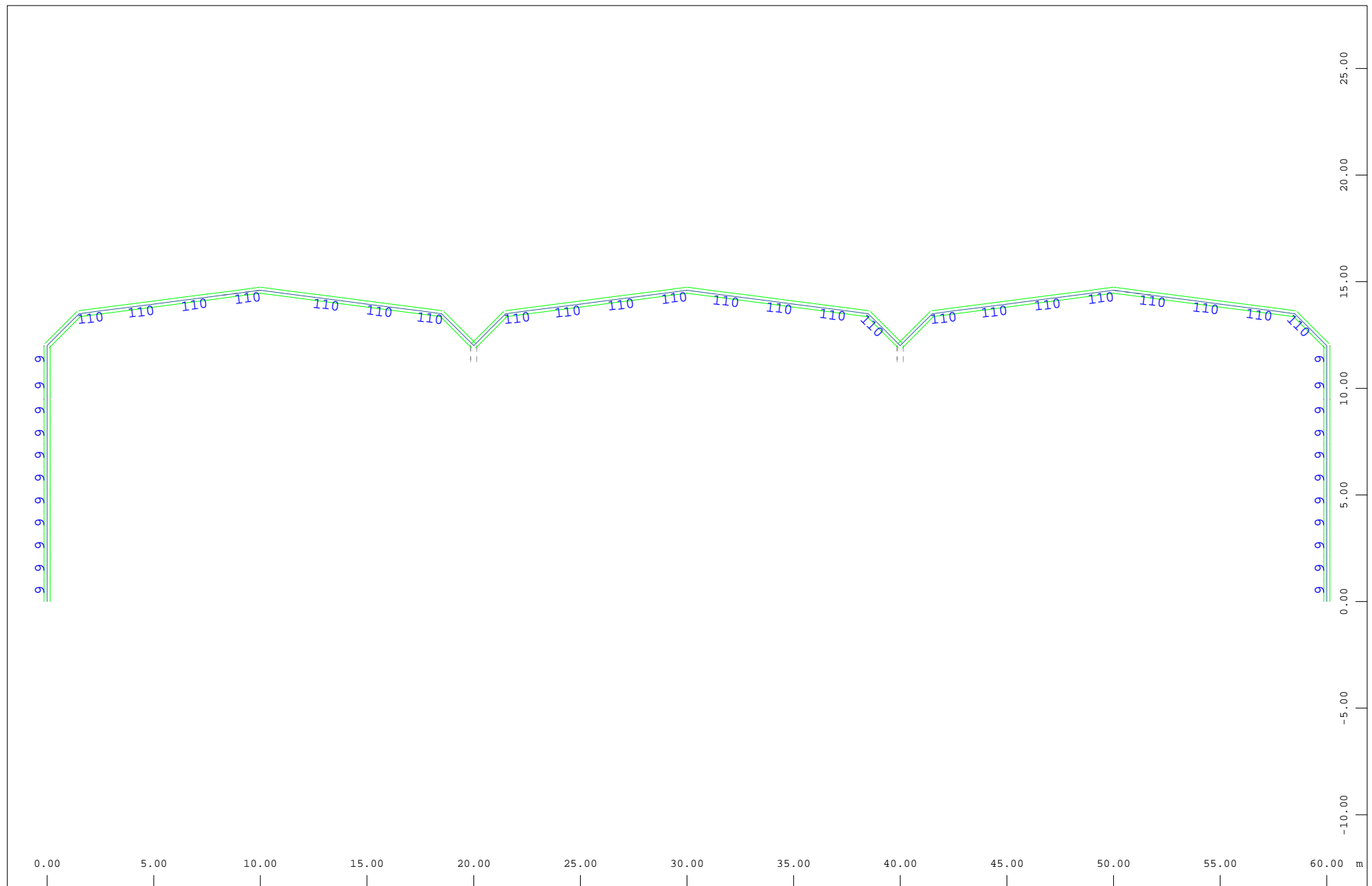
Sector of system Beam Elements Group 102...104  
Sectional Designations, Beam Elements

## **2.A4. GRUPO DINTELES DE PÓRTICOS (PARALELOS DIR. Y)**

**2.A.4.1 Número de grupos**

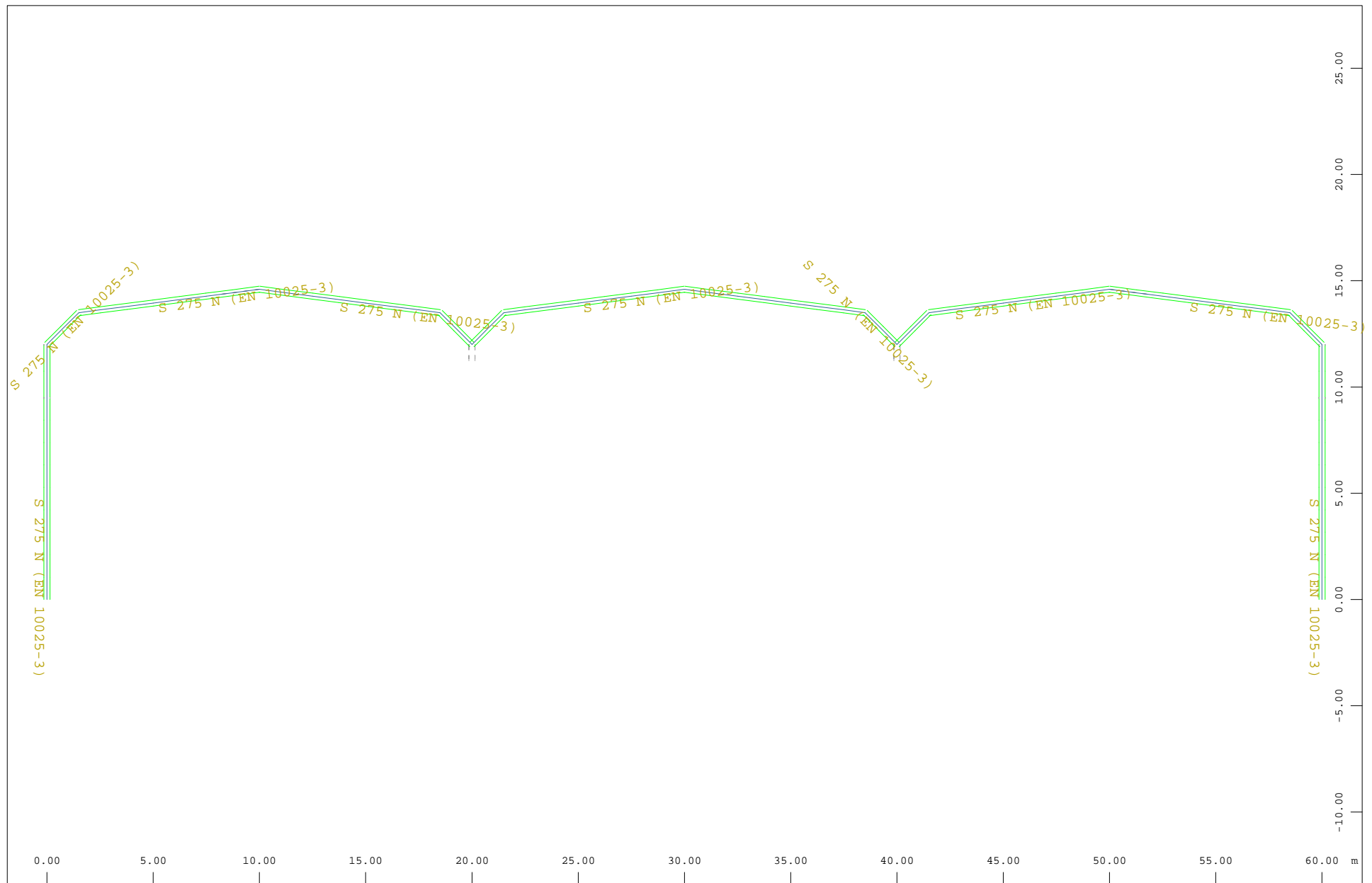
**2.A.4.2 Material de las barras**

**2.A.4.3 Secciones de las barras**



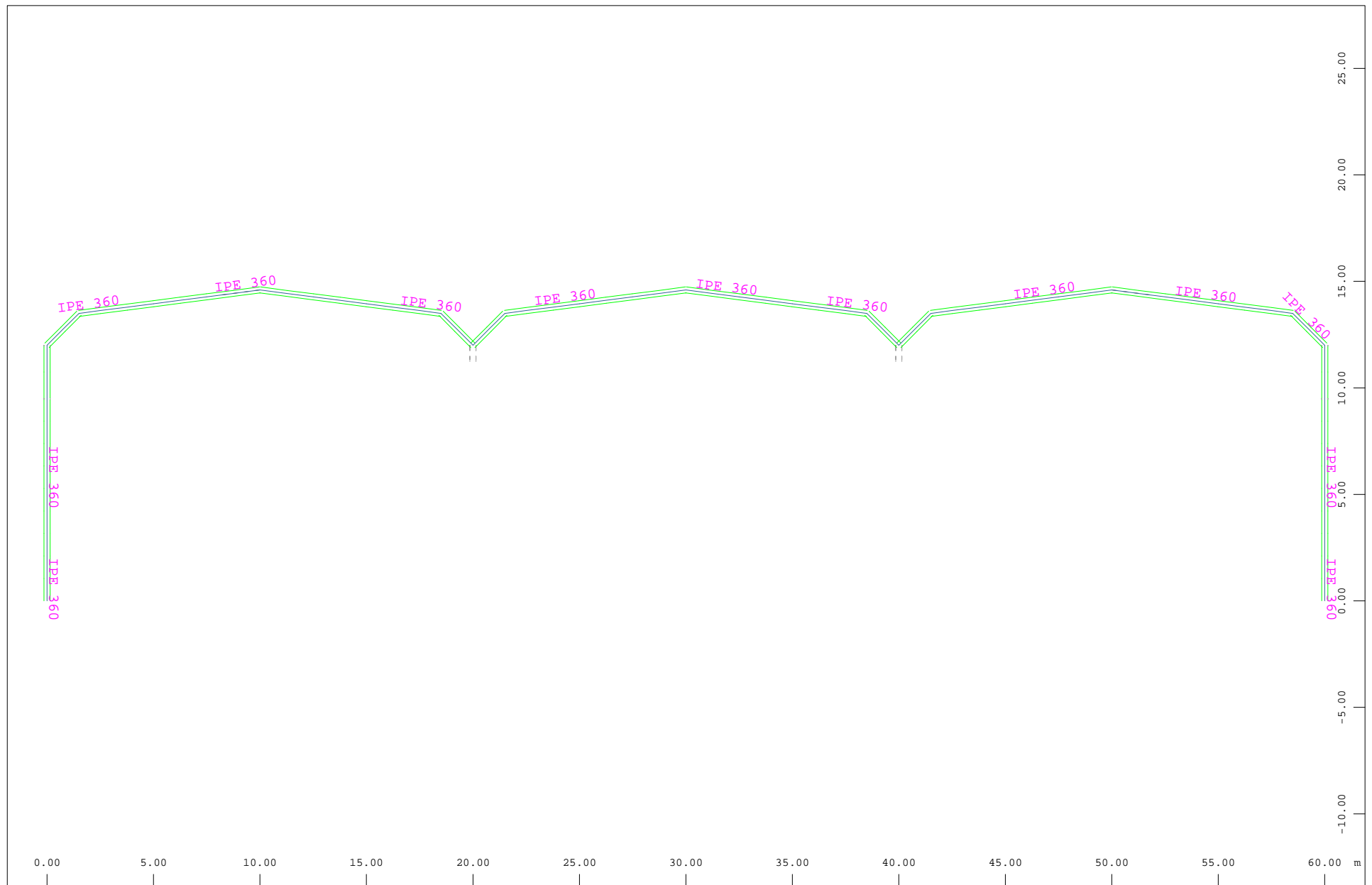
Sector of system Beam Elements Group 4 6 110  
Number of group, Beam Elements (Max=110)

M 1 : 252



Sector of system Beam Elements Group 4 6 110  
Material designations, Beam Elements

M 1 : 252



z Sector of system Beam Elements Group 4 6 110  
x Sectional Designations, Beam Elements

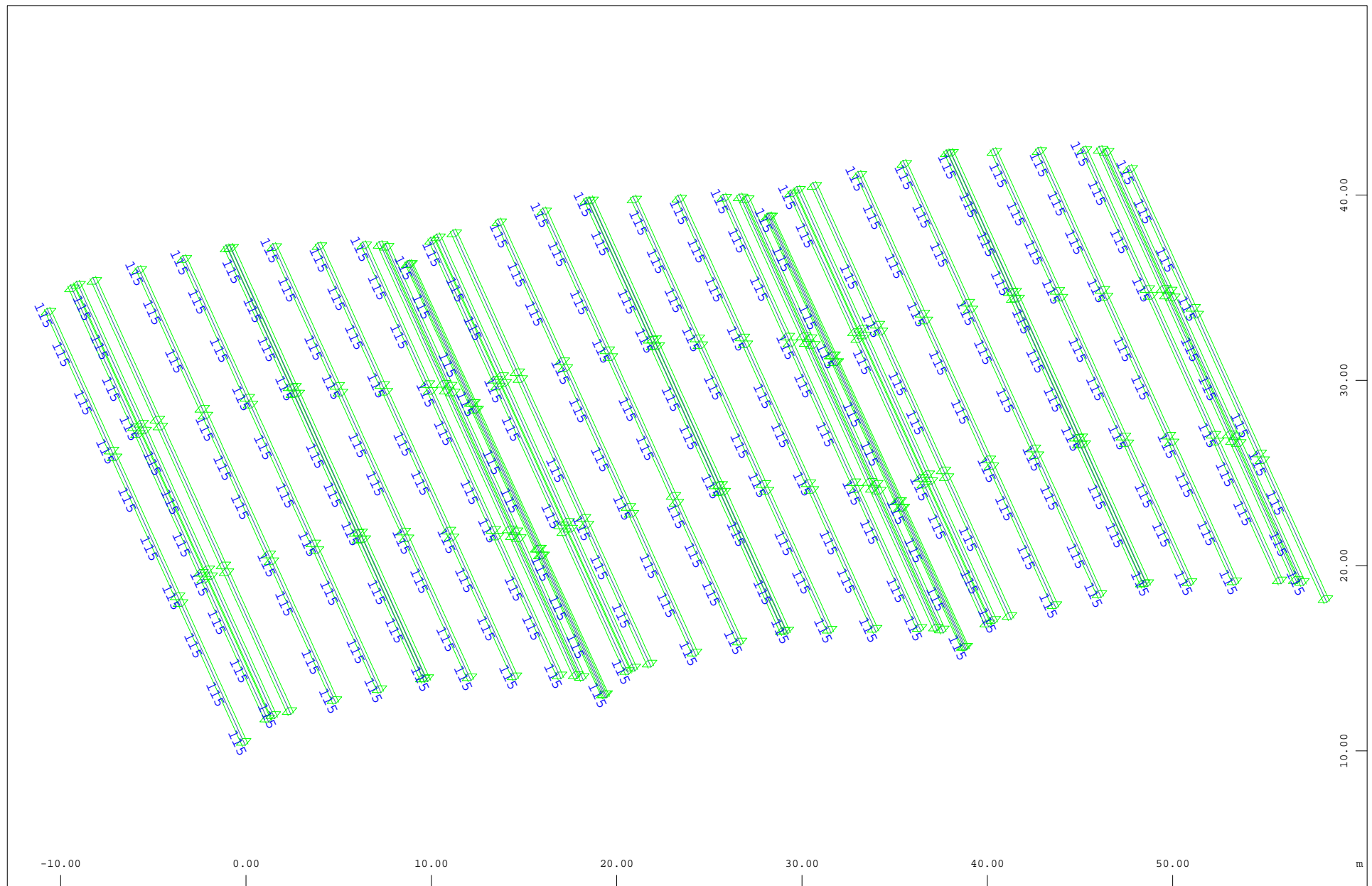
M 1 : 252

## **2.A5. GRUPOS CORREAS**

**2.A.5.1 Número de grupos**

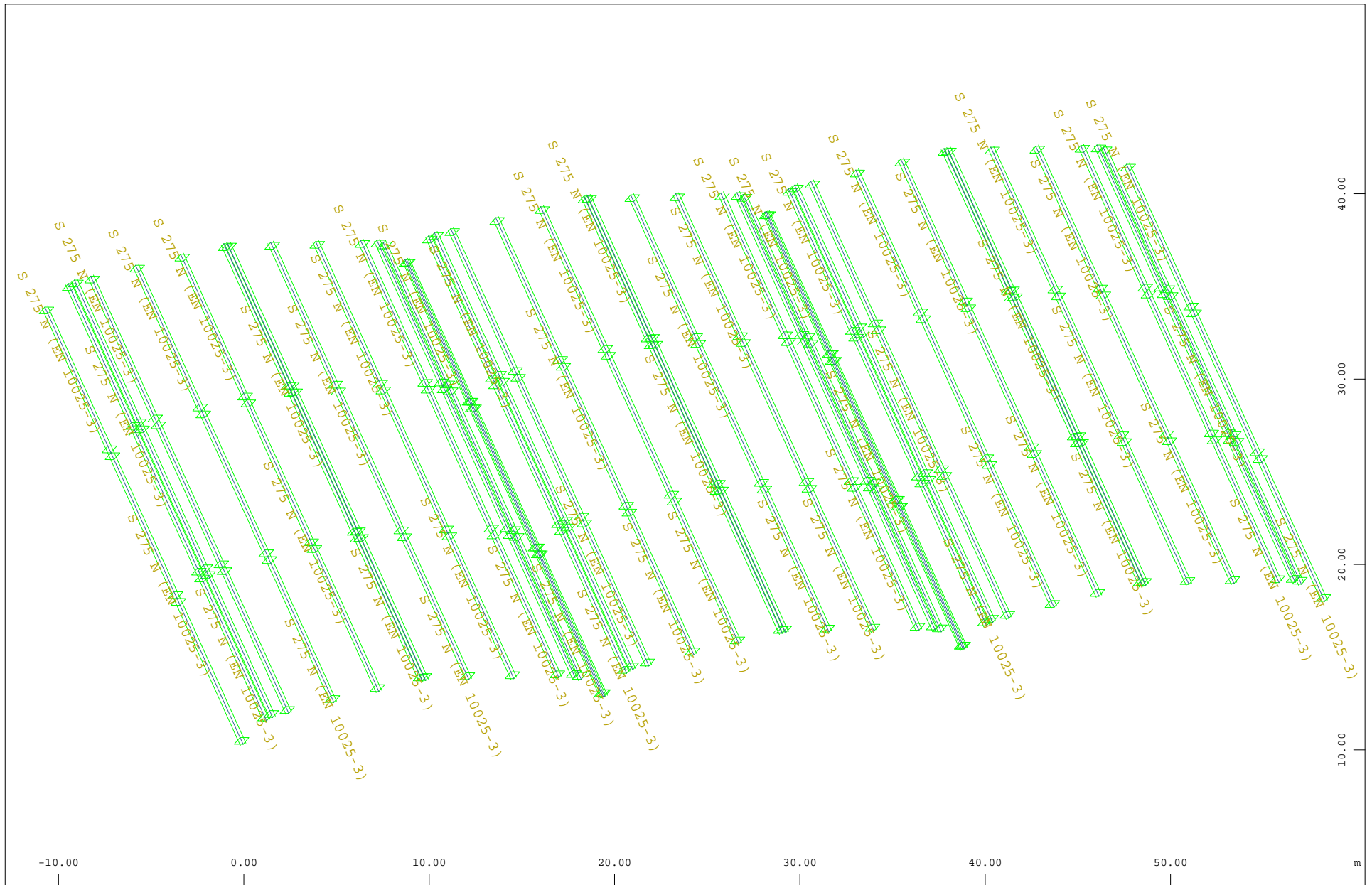
**2.A.5.2 Material de las barras**

**2.A.5.3 Secciones de las barras**



Sector of system Group 115  
Number of group, Beam Elements (Max=115)

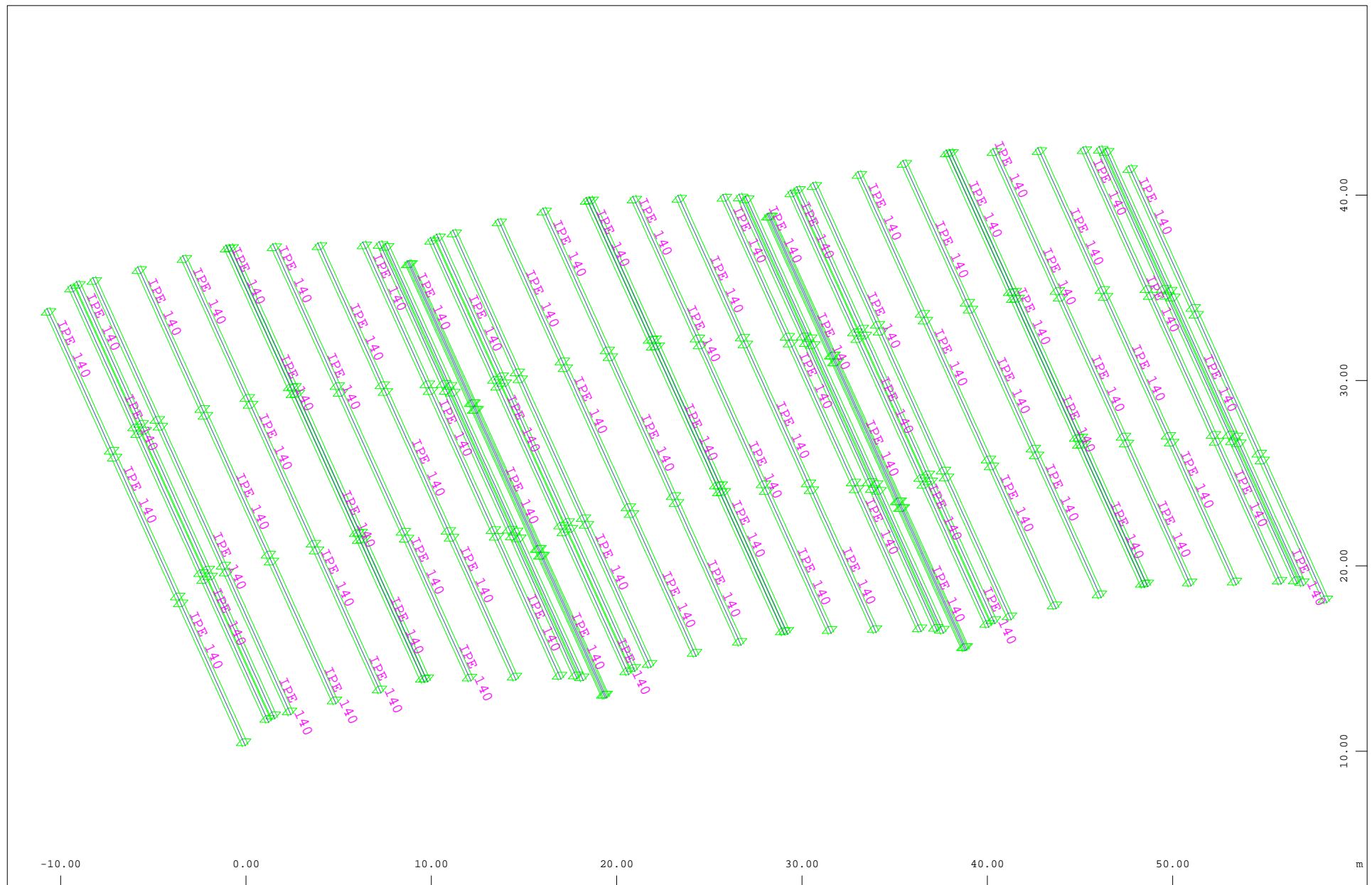
M 1 : 290  
X \* 0.980  
Y \* 0.576  
Z \* 0.842



$\begin{matrix} \nearrow Z \\ \searrow X \end{matrix}$ 
 Sector of system Group 115  
 Material designations, Beam Elements

M 1 : 290  
 X \* 0.980  
 Y \* 0.576  
 Z \* 0.842





Sector of system Group 115  
Sectional Designations, Beam Elements

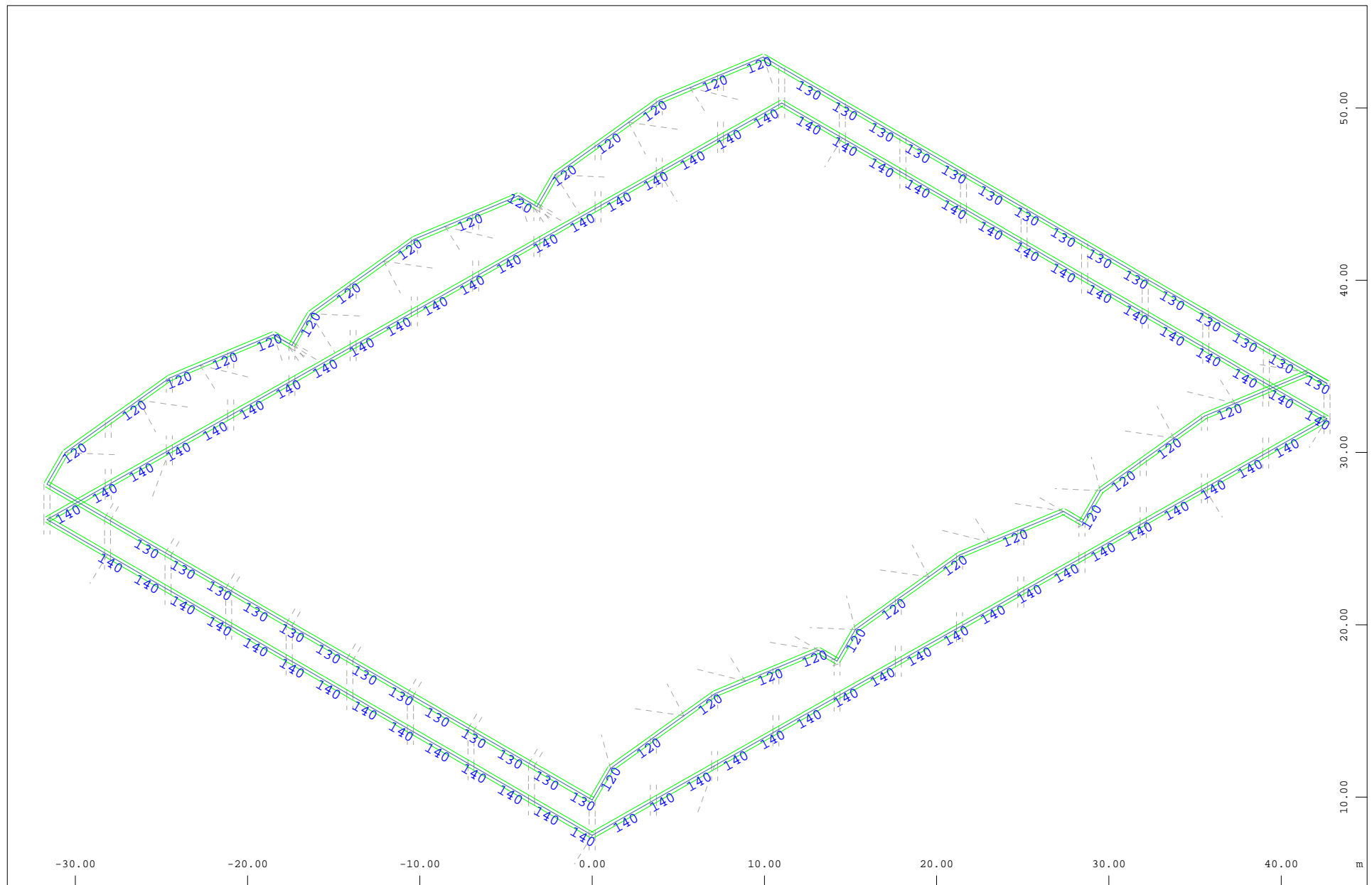
M 1 : 290  
X \* 0.980  
Y \* 0.576  
Z \* 0.842

## **2.A6. GRUPOS VIGAS**

**2.A.6.1 Número de grupos**

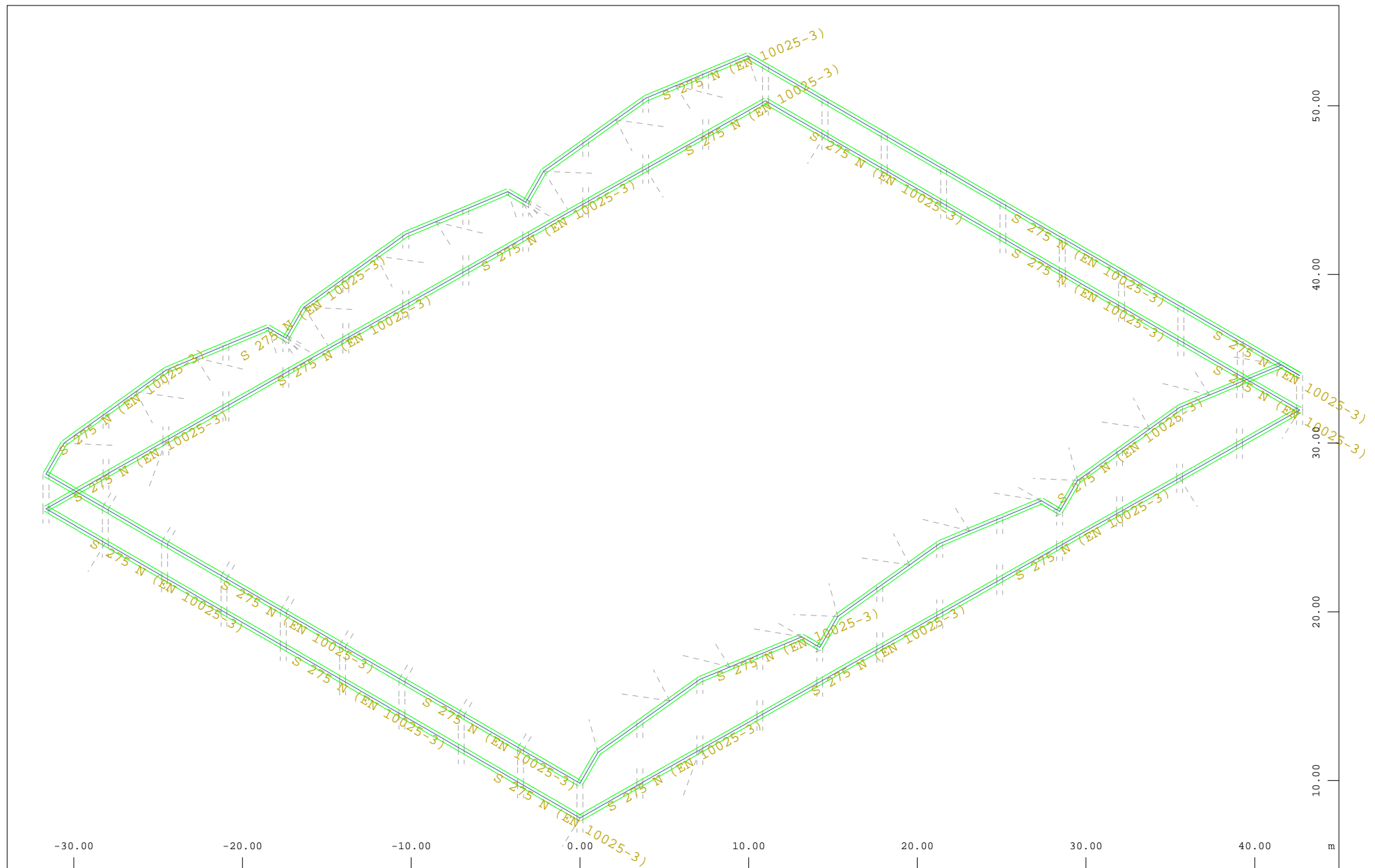
**2.A.6.2 Material de las barras**

**2.A.6.3 Secciones de las barras**



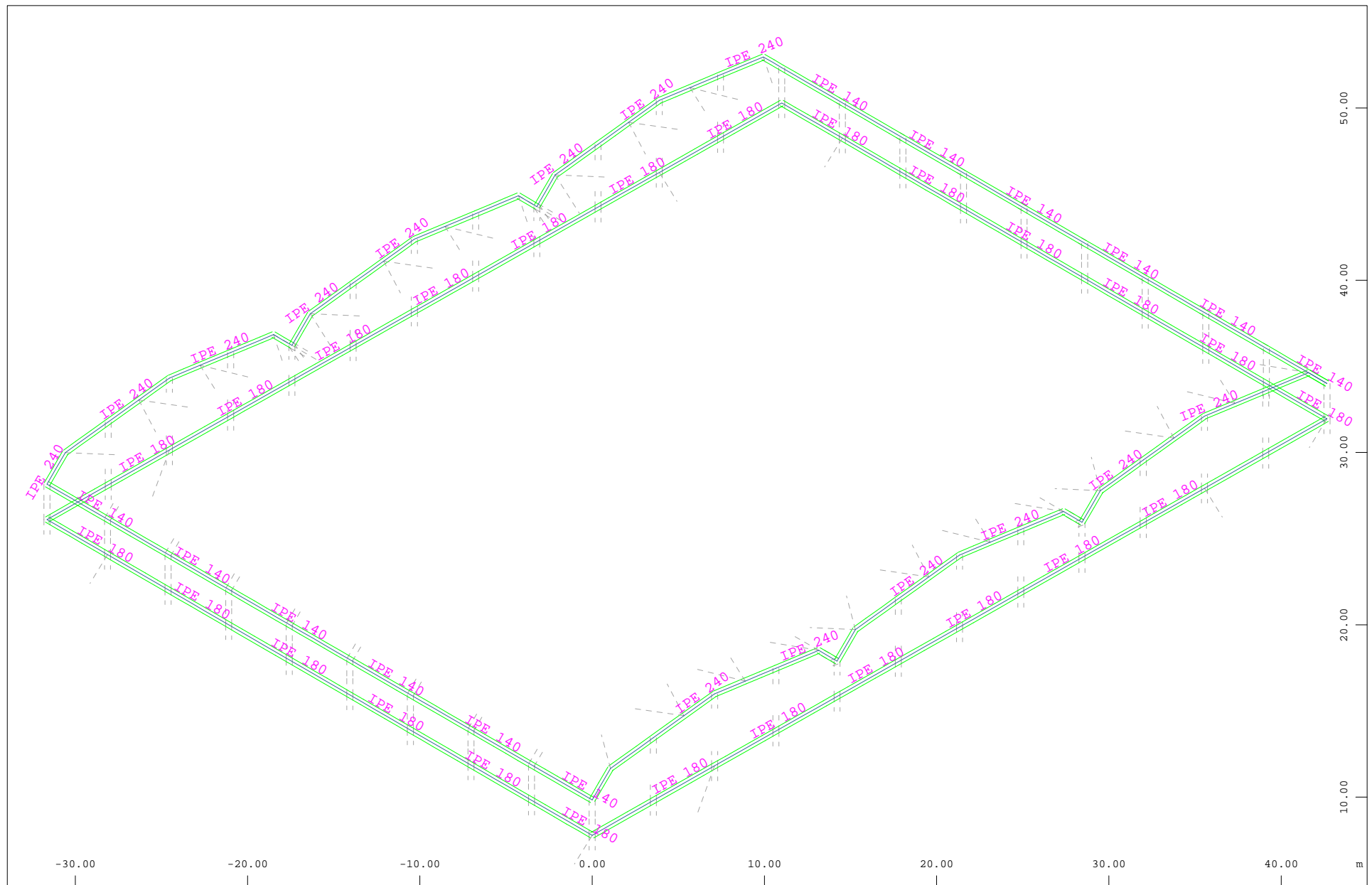
Sector of system Beam Elements Group 120 130 140  
 Number of group, Beam Elements (Max=140)

M 1 : 312  
 X \* 0.817  
 Y \* 0.813  
 Z \* 0.820



Sector of system Beam Elements Group 120 130 140  
Material designations, Beam Elements

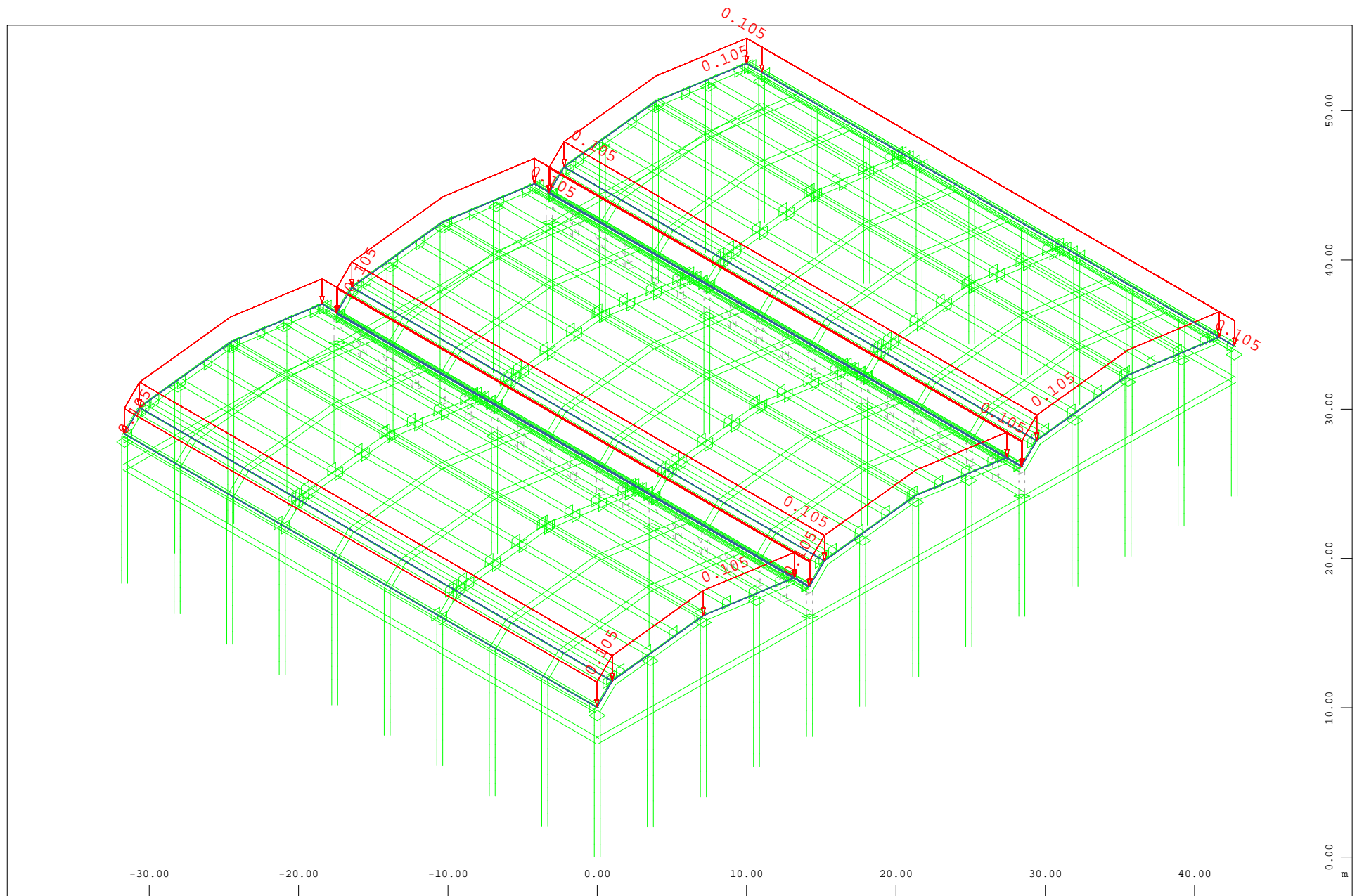
M 1 : 312  
X \* 0.817  
Y \* 0.813  
Z \* 0.820



Sector of system Beam Elements Group 120 130 140  
 Sectional Designations, Beam Elements

M 1 : 312  
 X \* 0.817  
 Y \* 0.813  
 Z \* 0.820

## **2.A7 CASOS DE CARGA**



Y  
Z  
X

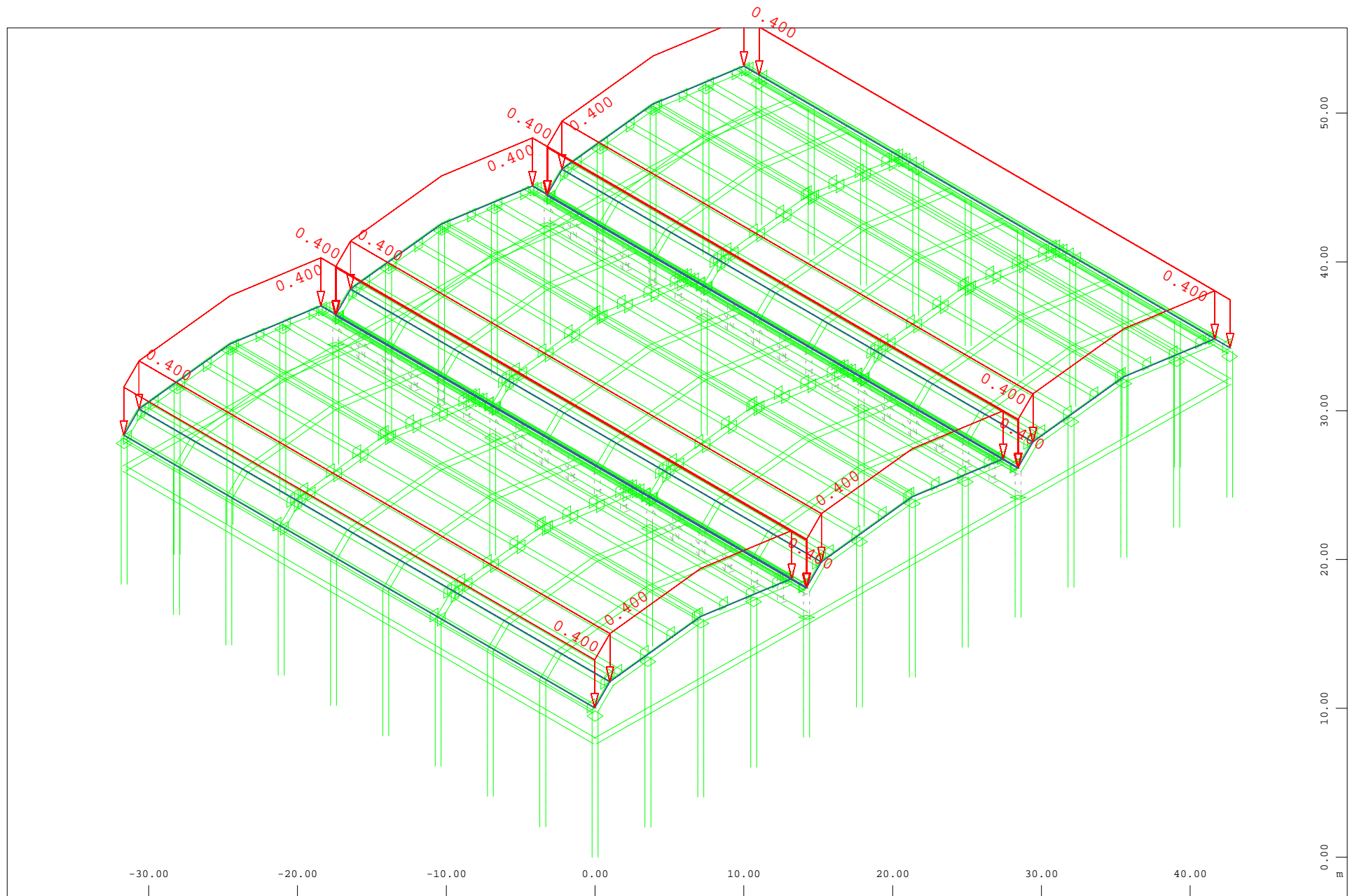
Sector of system Beam Elements Group 1...7 101 105 110 115 120 130 140

All loads, Loadcase 2 Carga Muerta , (1 cm 3D = unit) Free area load (force) in global Z (Unit=0.180 kN/m2)  
(Max=-0.105)

▽ (Min=-0.105)

M 1 : 356

X \* 0.817  
Y \* 0.813  
Z \* 0.820

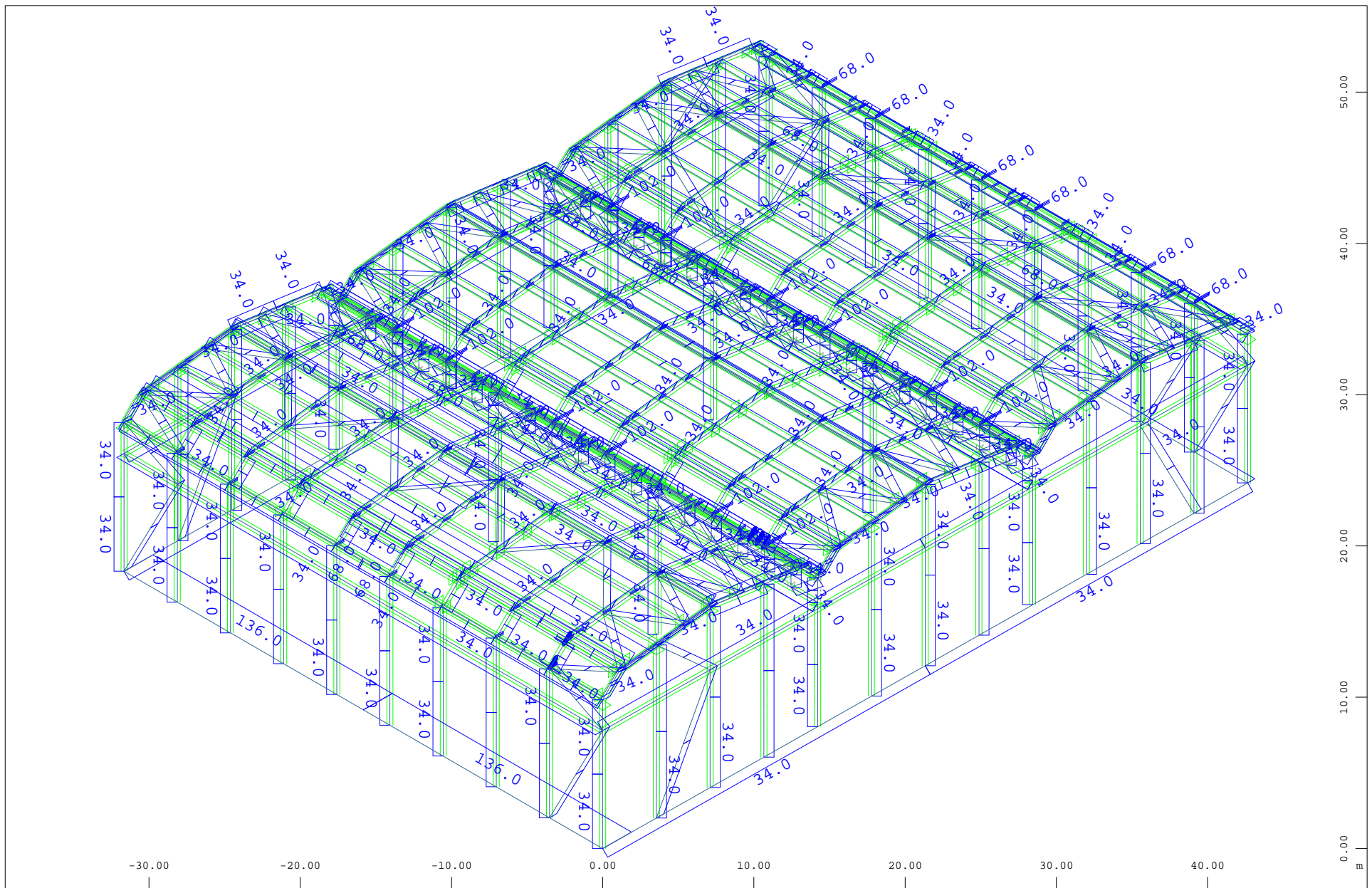


Sector of system Beam Elements Group 1...7 101 105 110 115 120 130 140  
 All loads, Loadcase 3 SC Uso (Mantenimiento) , (1 cm 3D = unit) Free area load (force) in global Z (Unit=0.361 kN/m2  
 (Min=-0.400) (Max=-0.400)



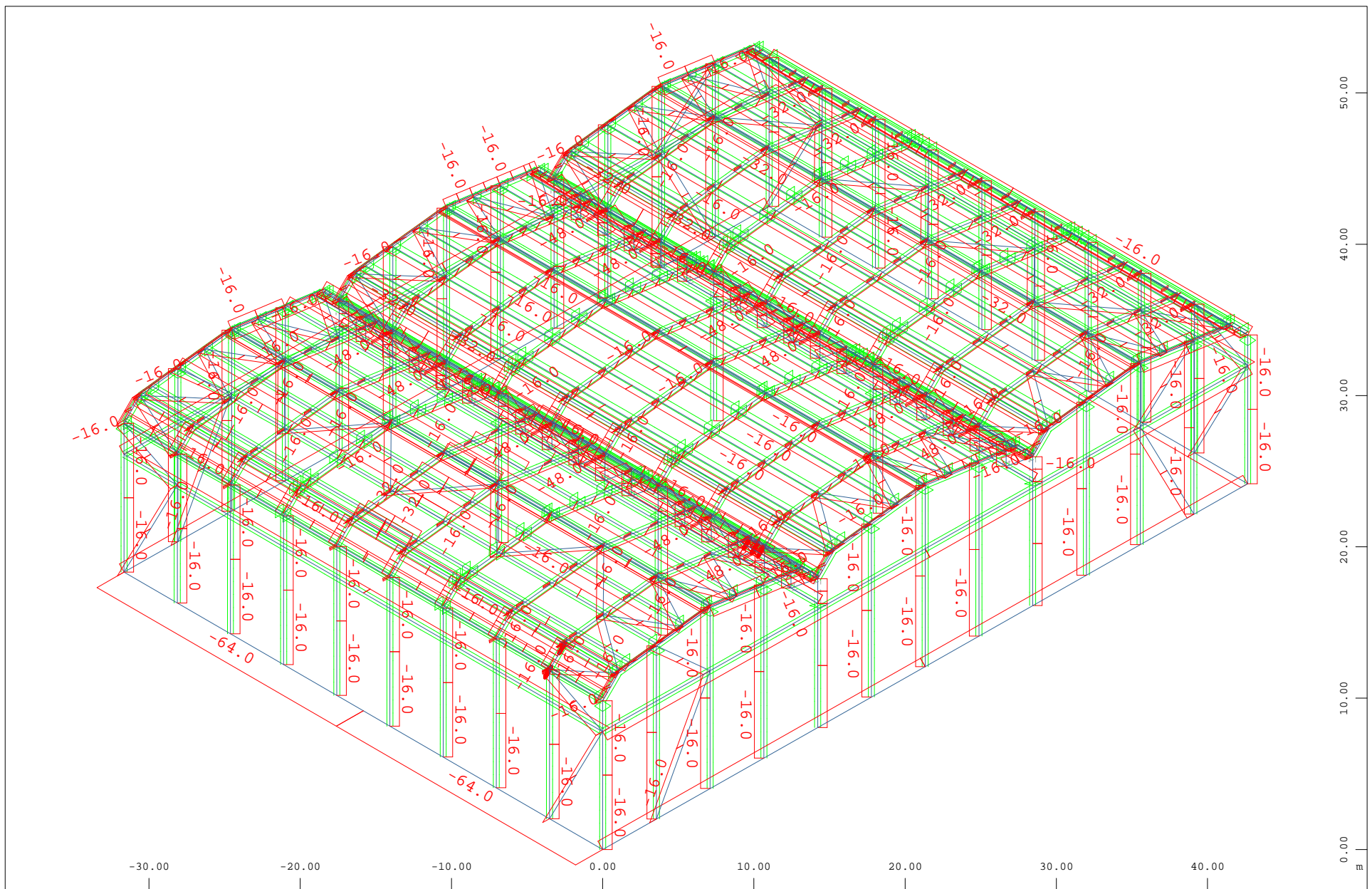
M 1 : 356  
 X \* 0.817  
 Y \* 0.813  
 Z \* 0.820





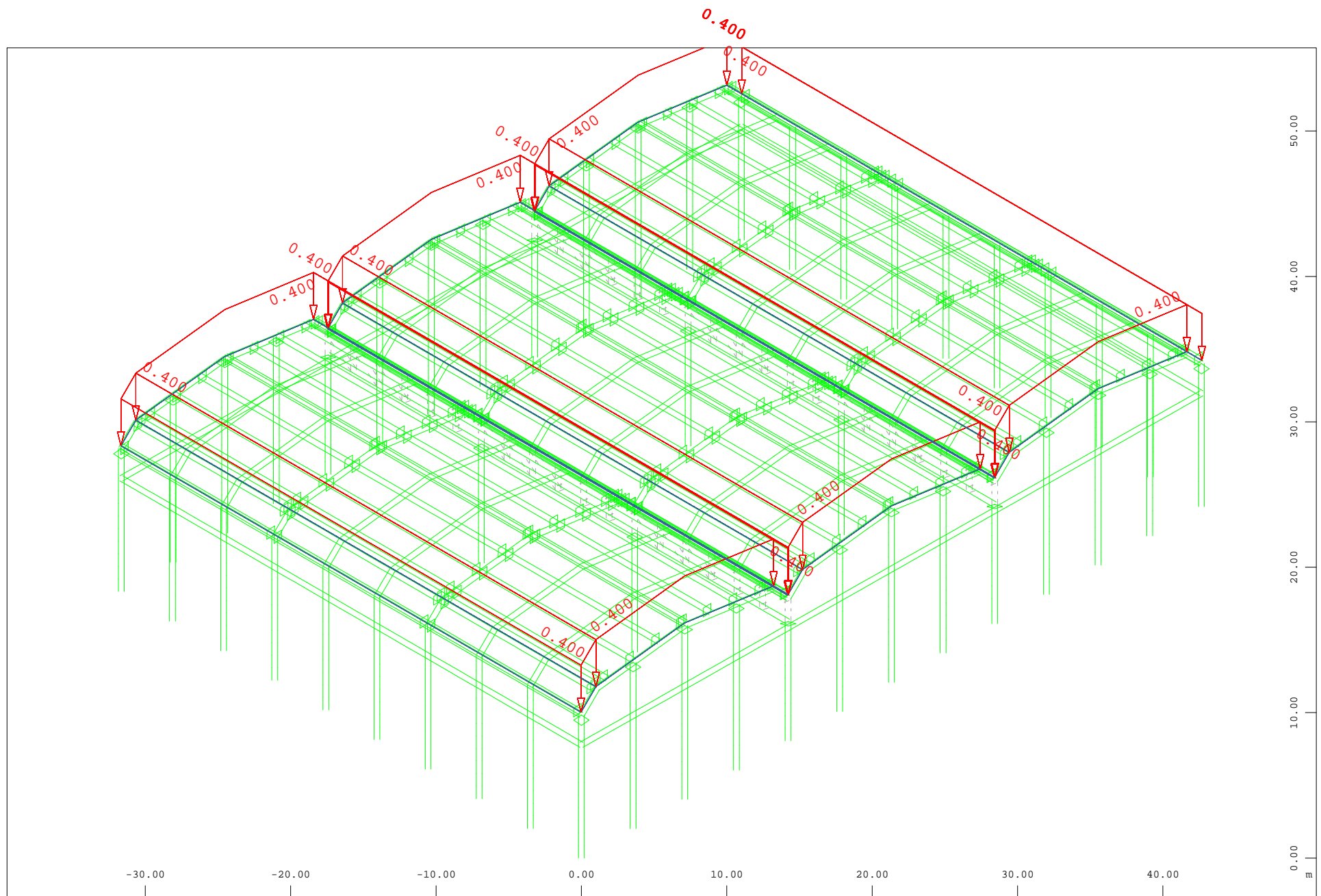
Sector of system Beam Elements Group 1...7 101 105 110 115 120 130 140  
 All loads, Loadcase 8 AT+ , (1 cm 3D = unit) Free line load (uniform temperature change) (Unit=180.5 °C) (Max=136.0)

M 1 : 356  
 X \* 0.817  
 Y \* 0.813  
 Z \* 0.820



Sector of system Beam Elements Group 1...7 101 105 110 115 120 130 140  
 All loads, Loadcase 9 AT- , (1 cm 3D = unit) Free line load (uniform temperature change) (Unit=90.2 °C) (Min=-64.0) (Max=-16.0)

M 1 : 356  
 X \* 0.817  
 Y \* 0.813  
 Z \* 0.820

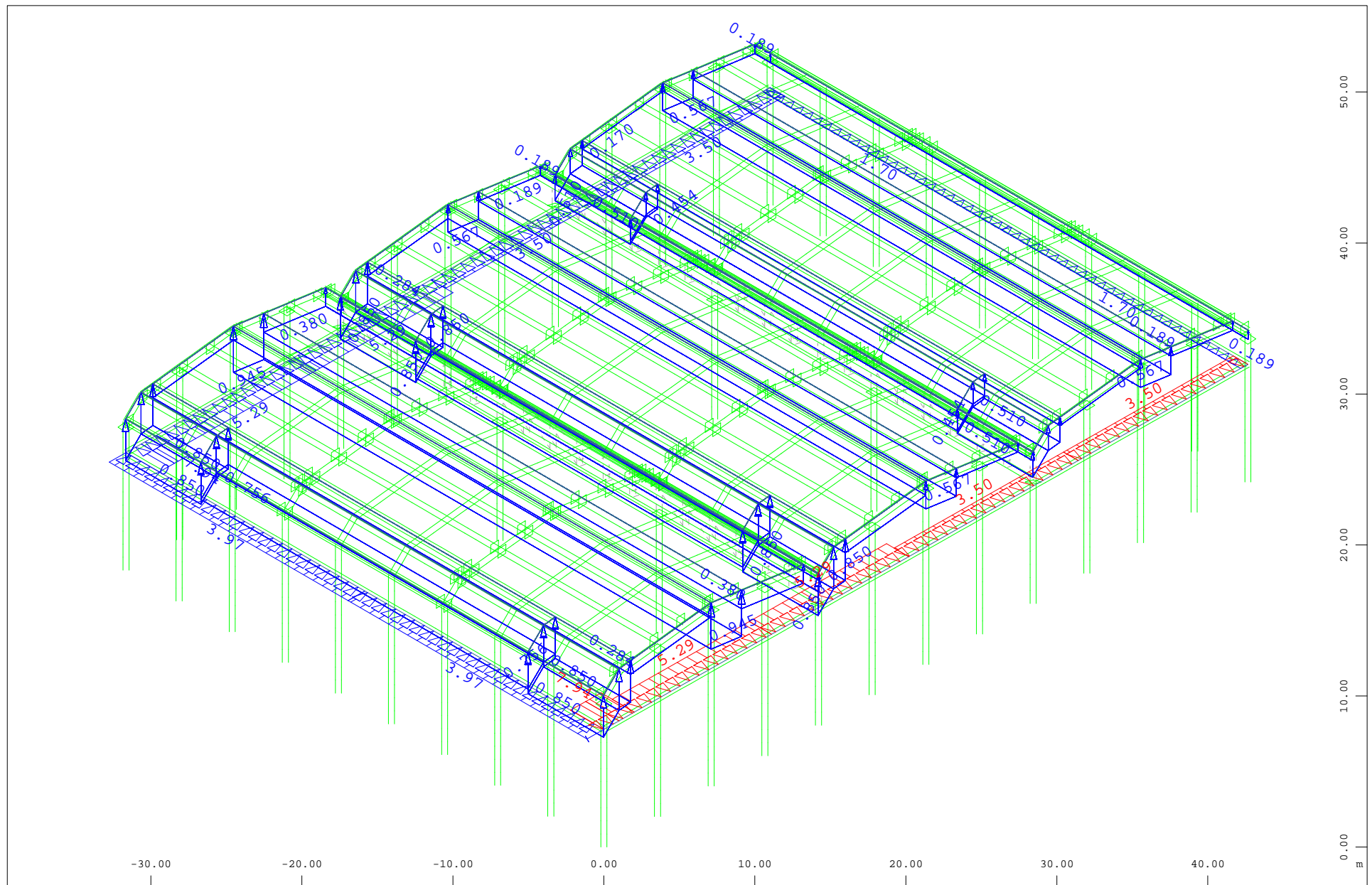


Sector of system Beam Elements Group 1...7 101 105 110 115 120 130 140  
 All loads, Loadcase 15 Nieve , (1 cm 3D = unit) Free area load (force) in global Z (Unit=0.361 kN/m2)

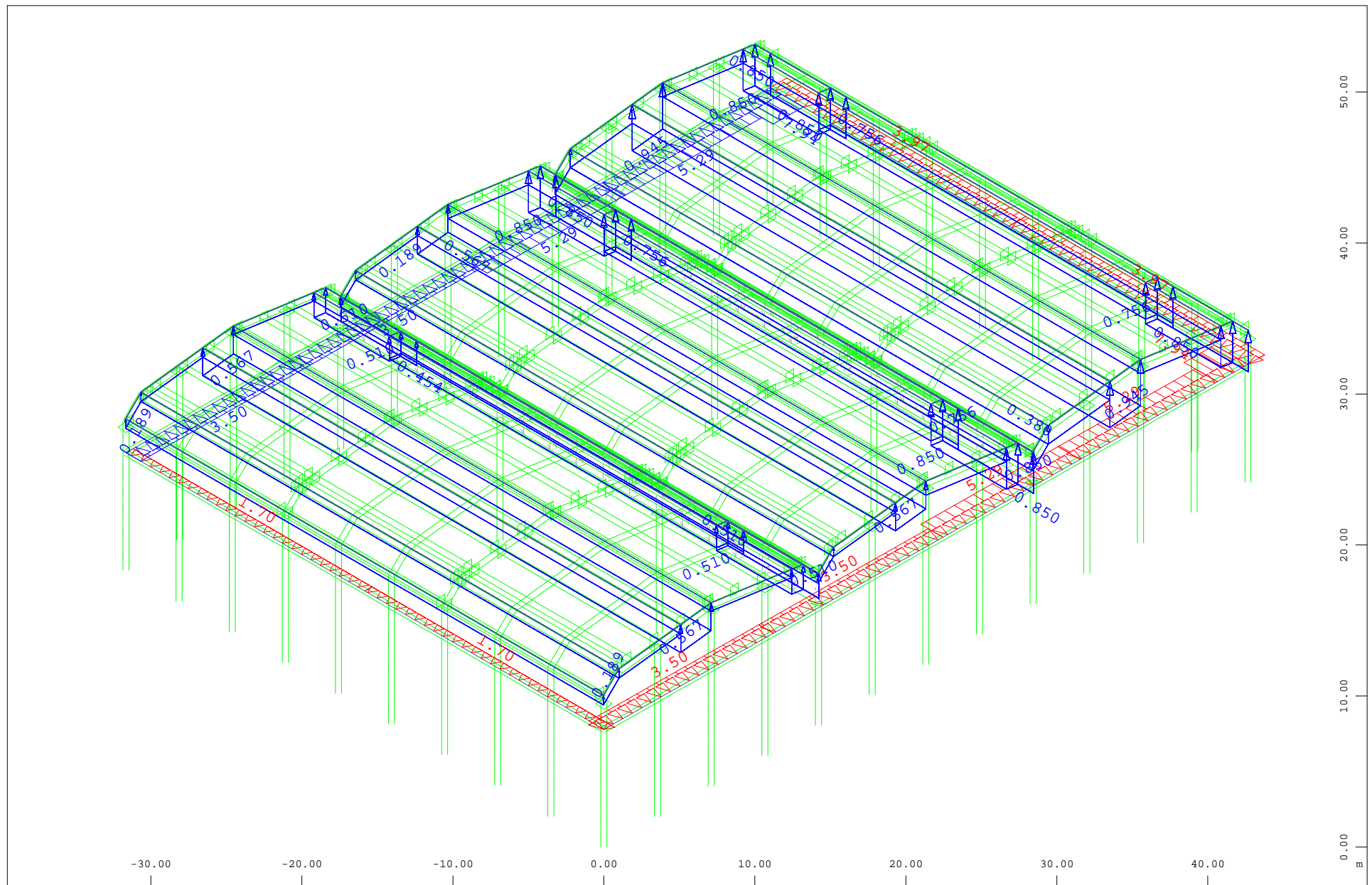
(Min=-0.400) (Max=-0.400)

M 1 : 356  
 X \* 0.817  
 Y \* 0.813  
 Z \* 0.820



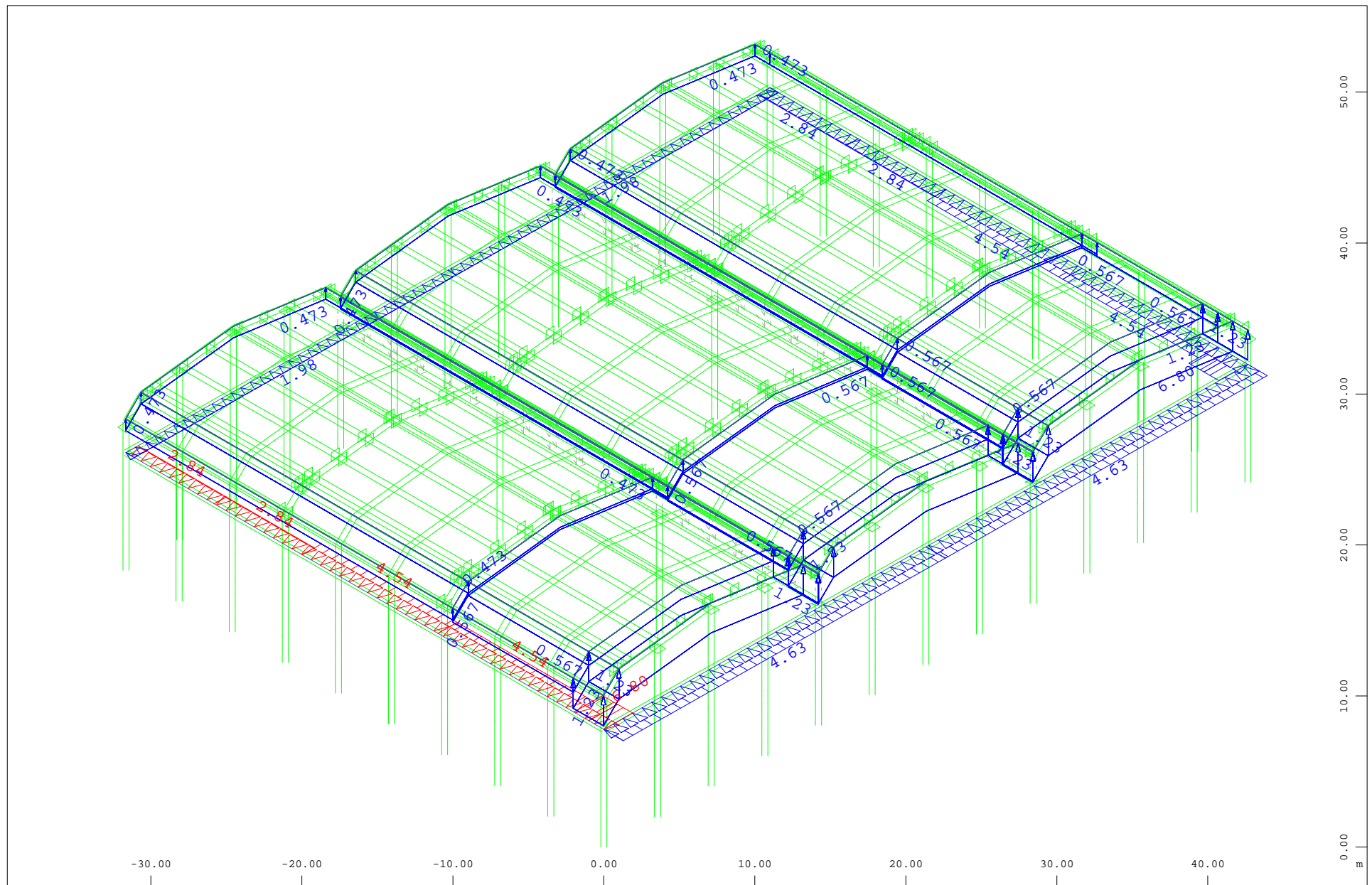


Sector of system Beam Elements Group 1...7 101 105 110 115 120 130 140  
 All loads, Loadcase 50 Viento X+ , (1 cm 3D = unit) Free line load (force) in global X (Unit=9.02 kN/m,Max=3.97  
 (force) in global Y (Unit=9.02 kN/m,Min=-7.94 Max=7.94  
 ), Free area load (force) in global Z (Unit=0.902 kN/m<sup>2</sup>,Max=0.945  
 M 1 : 356  
 X \* 0.817  
 Y \* 0.813  
 Z \* 0.820



Sector of system Beam Elements Group 1...7 101 105 110 115 120 130 140  
 All loads, Loadcase 52 Viento X- , (1 cm 3D = unit) Free line load (force) in global X (Unit=9.02 kN/m, Min=-3.97 Max=-1.70  
 Free line load (force) in global Y (Unit=9.02 kN/m, Min=-7.94 Max=7.94  
 Free area load (force) in global Z (Unit=0.902

M 1 : 356  
 X \* 0.817  
 Y \* 0.813  
 Z \* 0.820



Sector of system Beam Elements Group 1...7 101 105 110 115 120 130 140

All loads, Loadcase 54 Viento Y+ , (1 cm 3D = unit) Free line load (force) in global X (Unit=9.02 kN/m,Min=-6.80 Max=6.80

line load (force) in global Y (Unit=9.02 kN/m,Max=4.63

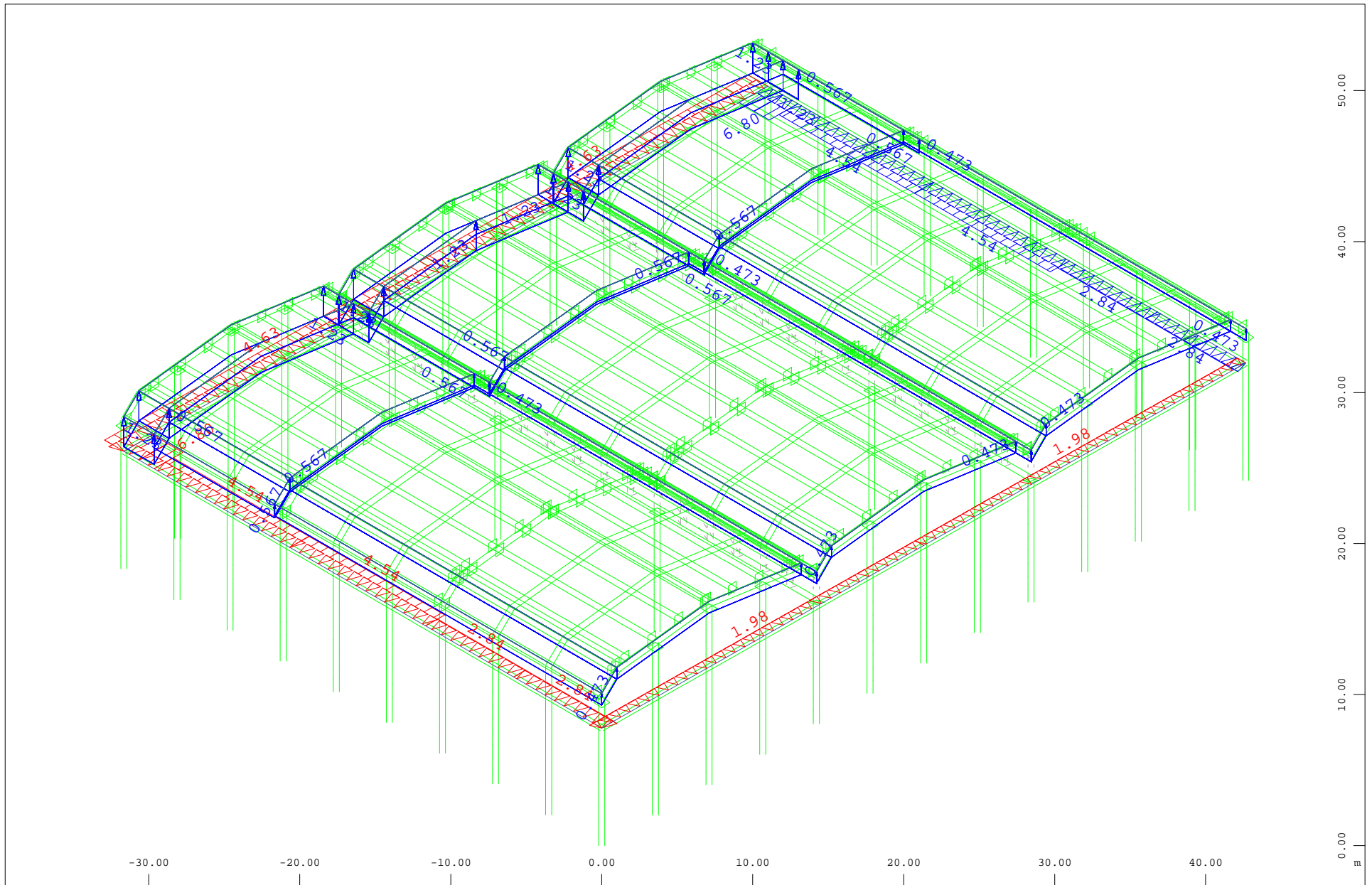
Free area load (force) in global Z (Unit=1.80 kN/m2,Max=1.23

M 1 : 356

X \* 0.817

Y \* 0.813

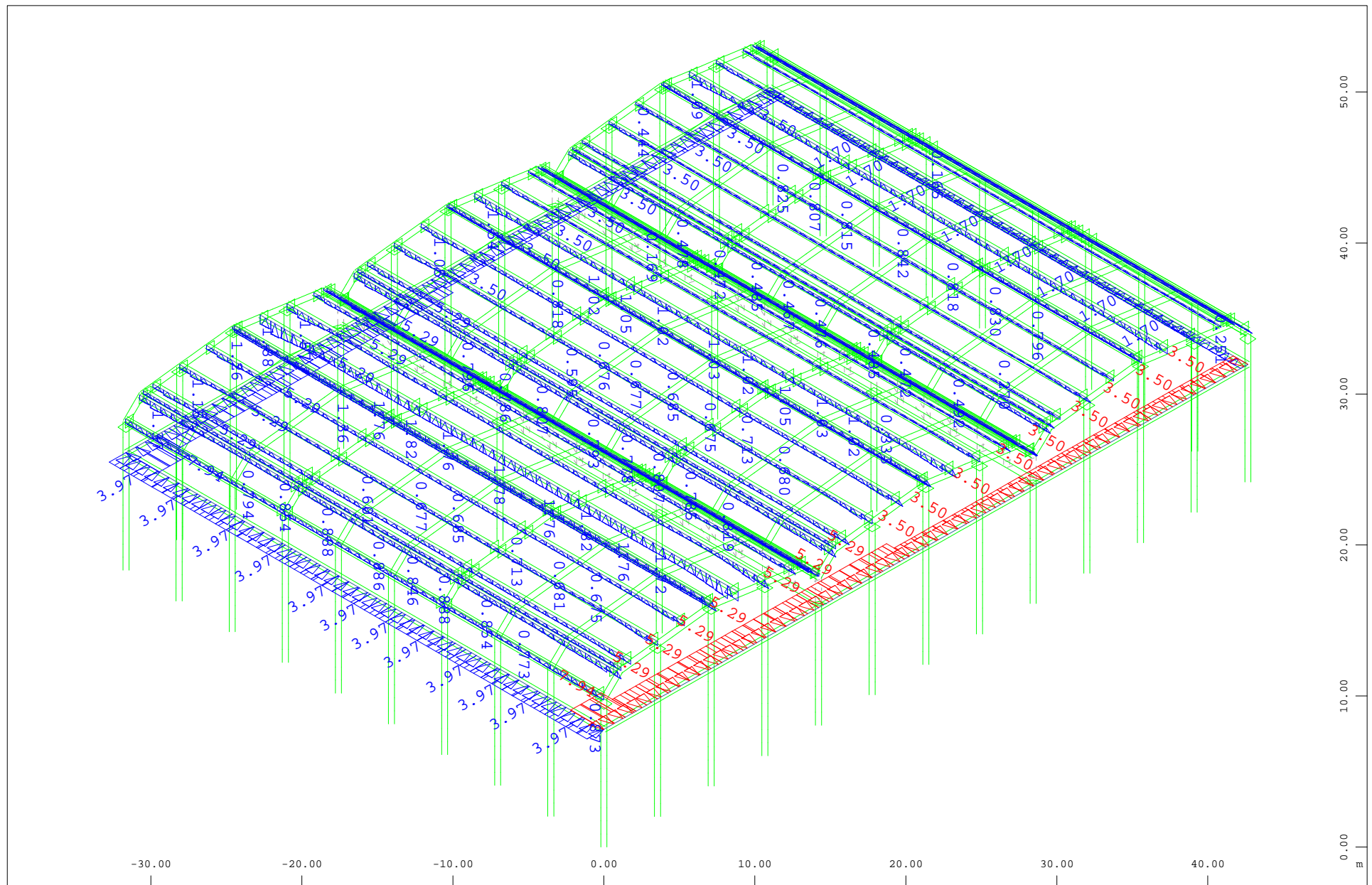
Z \* 0.820






Sector of system Beam Elements Group 1...7 101 105 110 115 120 130 140  
 All loads, Loadcase 56 Viento Y- , (1 cm 3D = unit) Free line load (force) in global X (Unit=9.02 kN/m, Min=-6.80 Max=6.80  
 line load (force) in global Y (Unit=9.02 kN/m, Min=-4.63 Max=-1.98  
 ), Free area load (force) in global Z (Unit=1.80

M 1 : 356  
 X \* 0.817  
 Y \* 0.813  
 Z \* 0.820



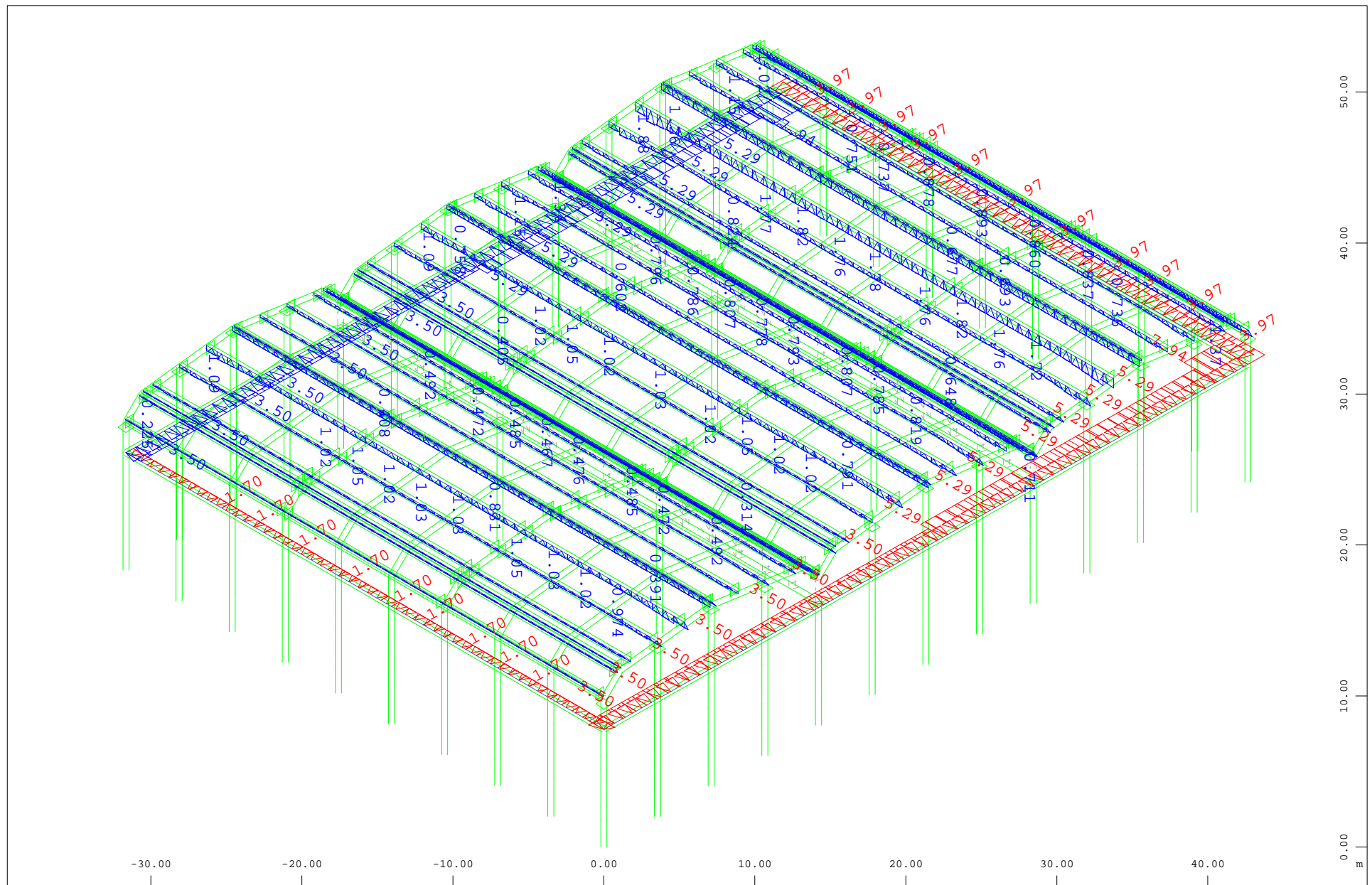


Sector of system Beam Elements Group 1...7 101 105 110 115 120 130 140

All loads, Loadcase 50 Viento X+ , (1 cm 3D = unit) Beam line load (force) in global X (Unit=9.02 kN/m,Max=3.97 ) , Beam line load (force) in global Y (Unit=9.02 kN/m,Min=-7.94 Max=7.94 ) , Beam line load (force) in global Z (Unit=9.02 kN/m,Max=2.66 )

M 1 : 356  
X \* 0.817  
Y \* 0.813  
Z \* 0.820





Sector of system Beam Elements Group 1...7 101 105 110 115 120 130 140

All loads, Loadcase 52 Viento X- , (1 cm 3D = unit) Beam line load (force) in global X (Unit=9.02 kN/m,Min=-3.97 Max=-1.70

Beam line load (force) in global Y (Unit=9.02 kN/m,Min=-7.94 Max=7.94

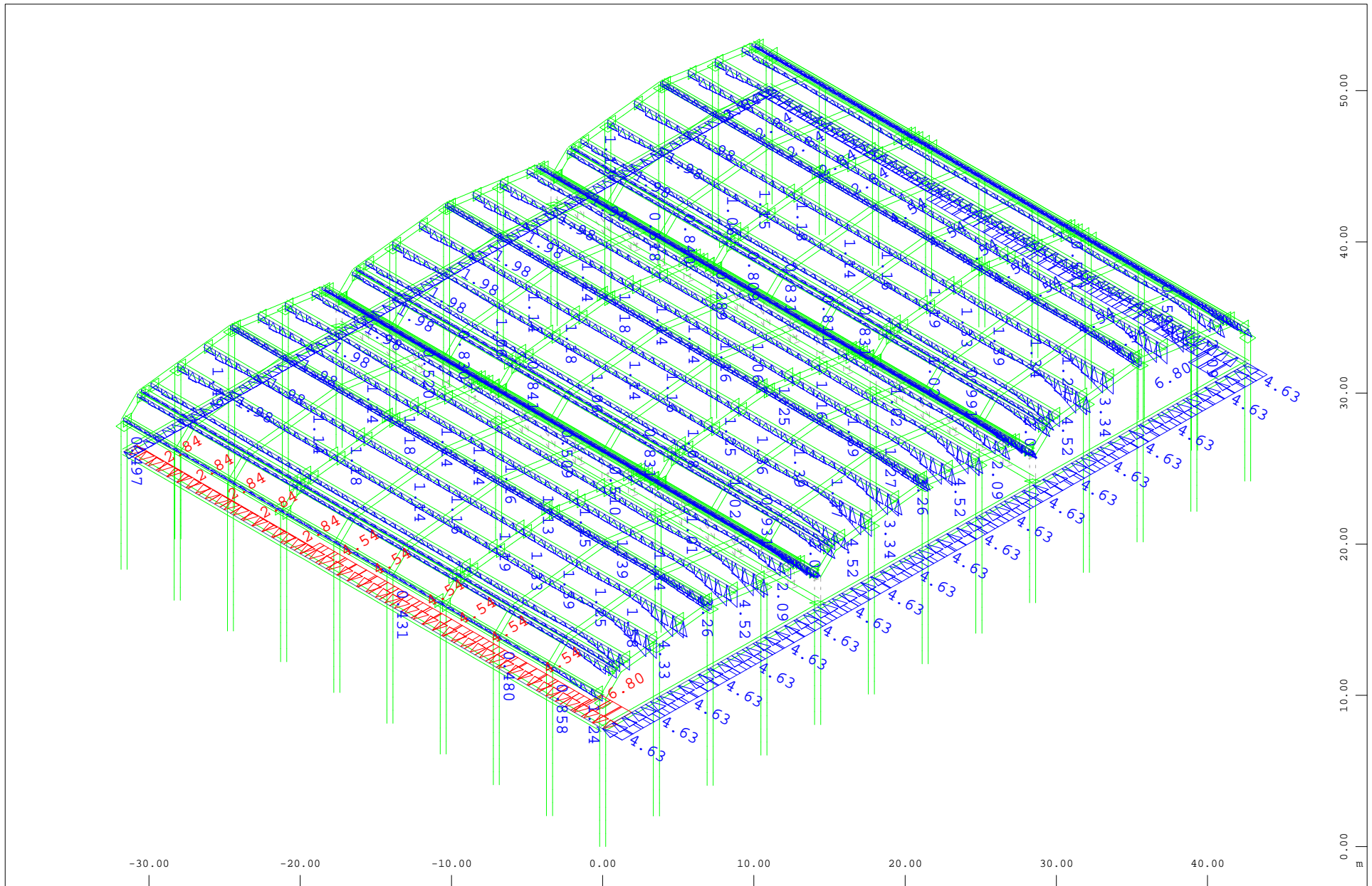
Beam line load (force) in global Z (Unit=9.02

M 1 : 356

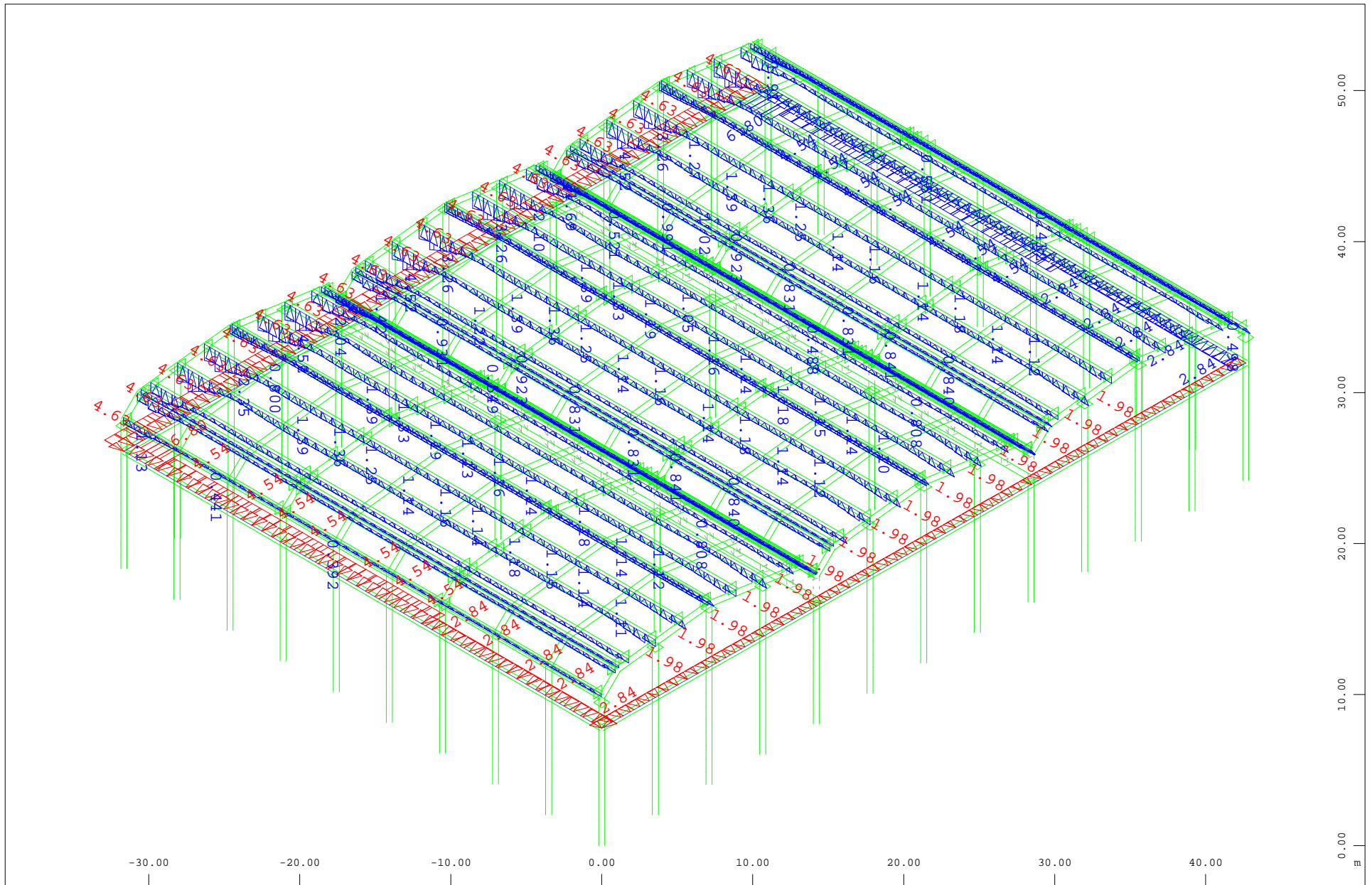
X \* 0.817

Y \* 0.813

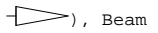
Z \* 0.820



Sector of system Beam Elements Group 1...7 101 105 110 115 120 130 140  
 All loads, Loadcase 54 Viento Y+ , (1 cm 3D = unit) Beam line load (force) in global X (Unit=9.02 kN/m,Min=-6.80 Max=6.80  
 line load (force) in global Y (Unit=9.02 kN/m,Max=4.63  
 line load (force) in global Z (Unit=9.02 kN/m,Max=4.52  
 M 1 : 356  
 X \* 0.817  
 Y \* 0.813  
 Z \* 0.820

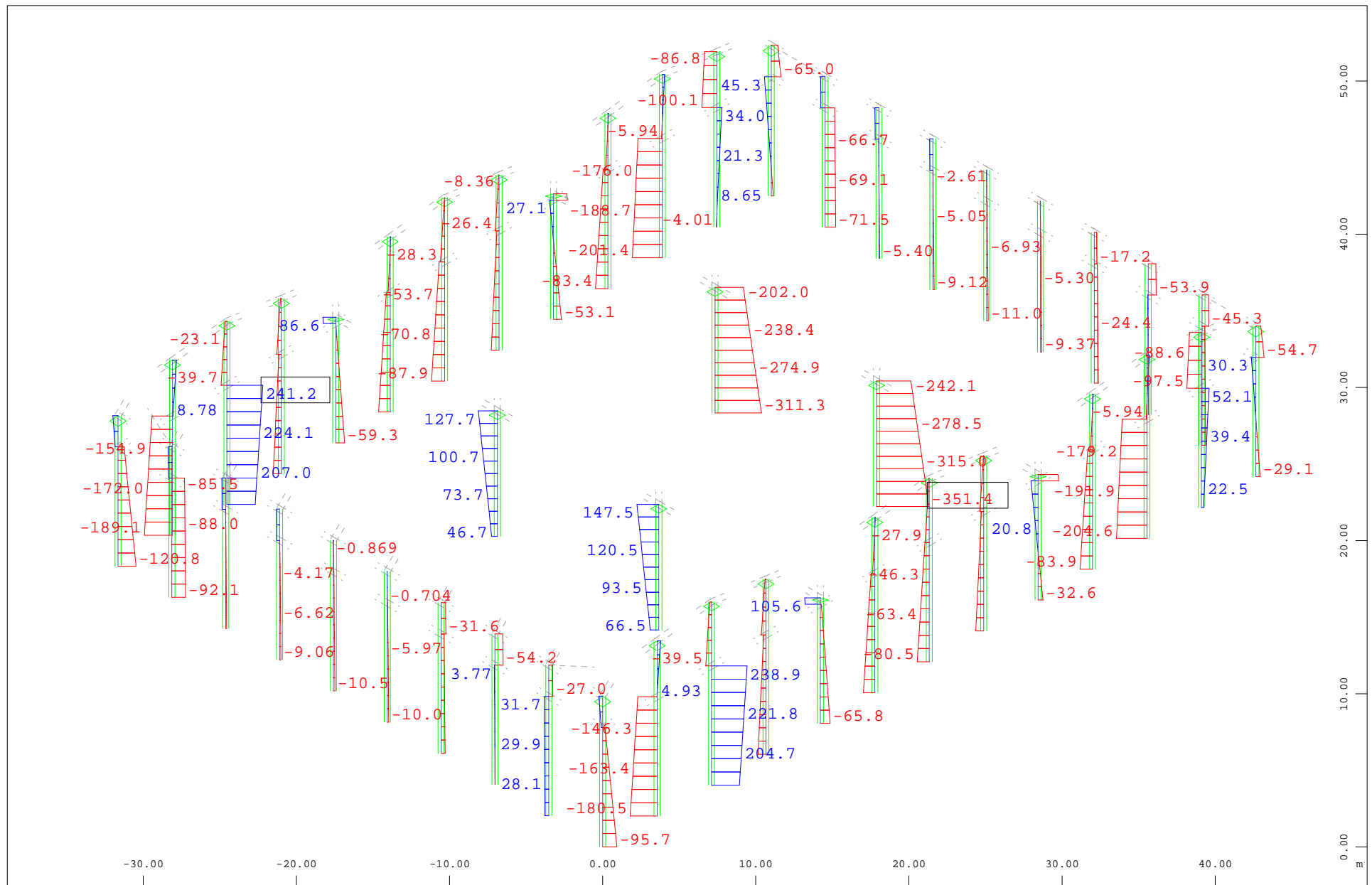


Sector of system Beam Elements Group 1...7 101 105 110 115 120 130 140  
 All loads, Loadcase 56 Viento Y- , (1 cm 3D = unit) Beam line load (force) in global X (Unit=9.02 kN/m,Min=-6.80 Max=6.80  
 line load (force) in global Y (Unit=9.02 kN/m,Min=-4.63 Max=-1.98  
 ), Beam line load (force) in global Z (Unit=9.02



M 1 : 356  
 X \* 0.817  
 Y \* 0.813  
 Z \* 0.820

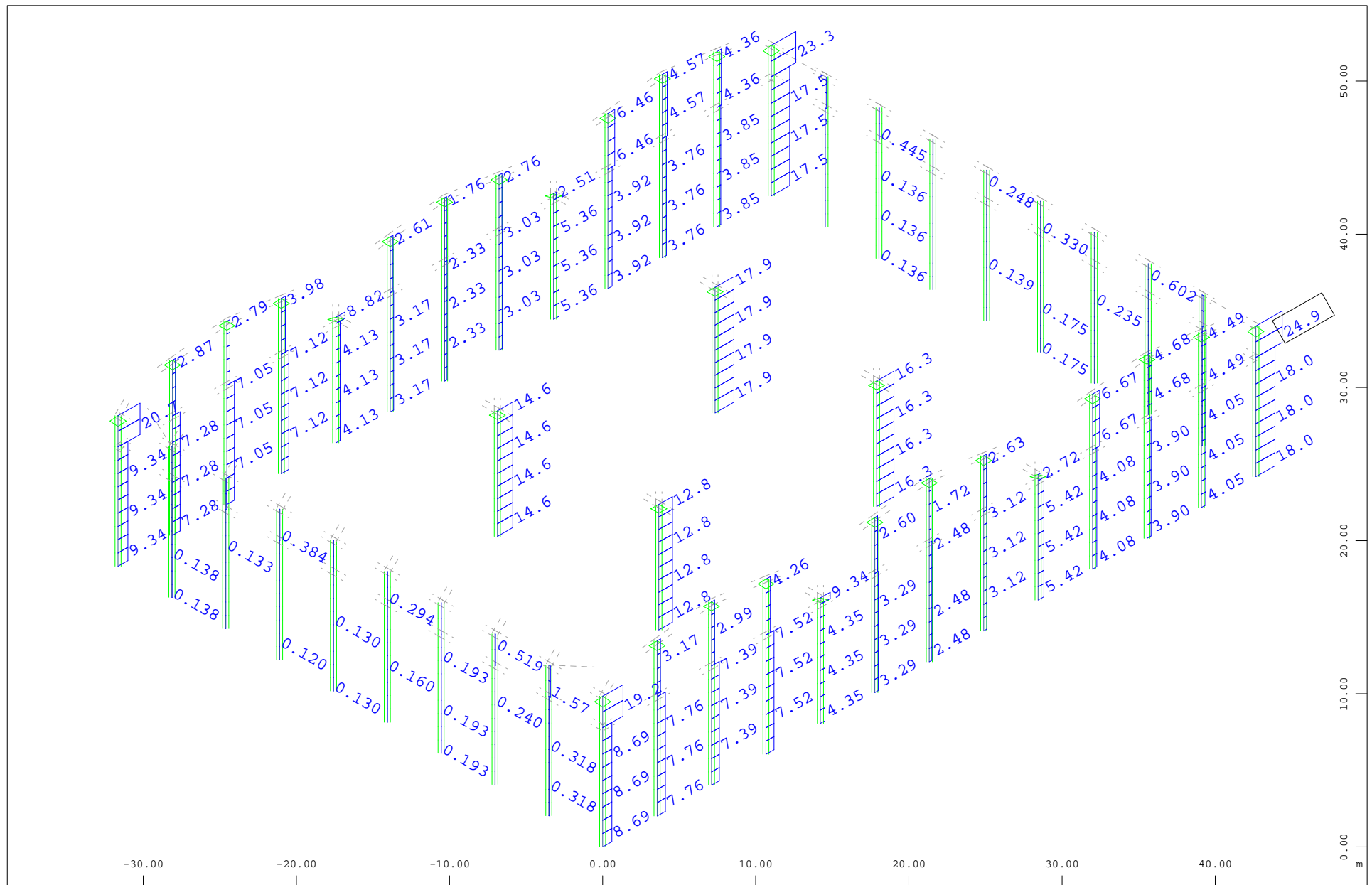
## **2.A8. ENVOLVENTE DE ESFUERZOS. SITUACIONES PESISTENTES Y TRANSITORIOAS (ELU)**



Sector of system Beam Elements Group 1...7  
 Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 109123 MAX-VY BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 360.9 kN (Min=-351.4) (Max=241.2)

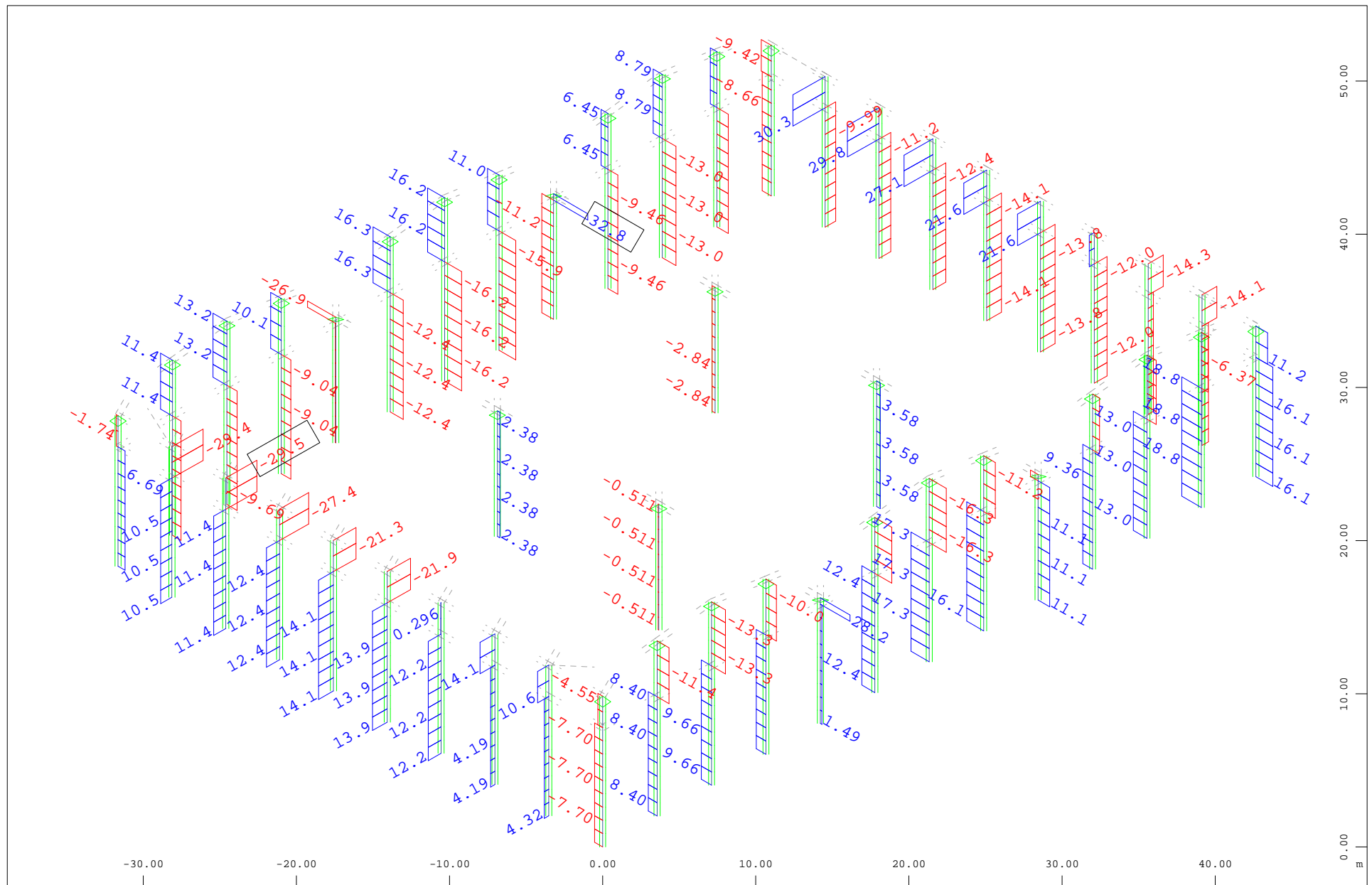
M 1 : 351  
 X \* 0.817  
 Y \* 0.813  
 Z \* 0.820





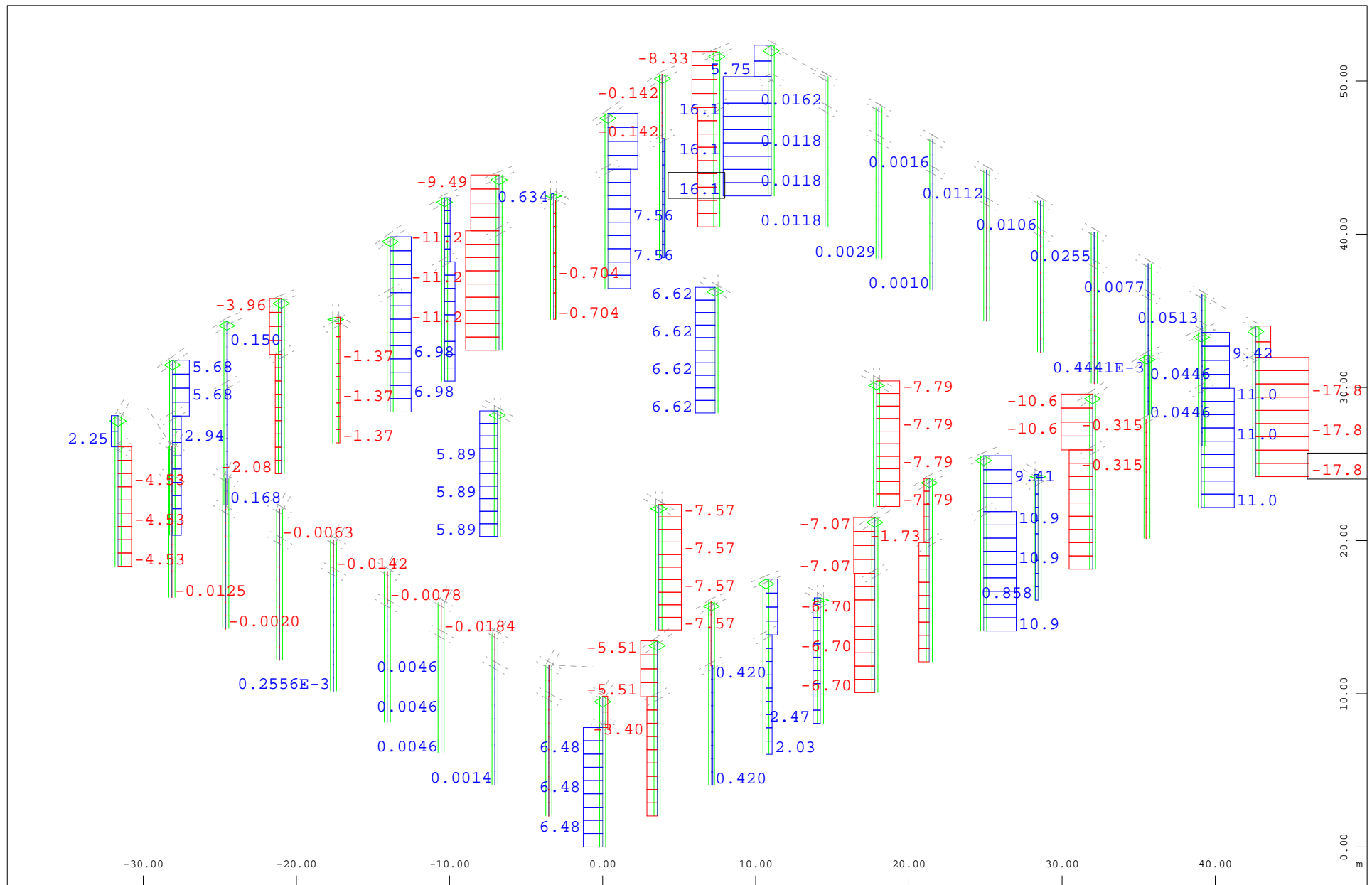
Sector of system Beam Elements Group 1...7  
 Beam Elements , Shear force  $V_y$ , Loadcase 109123 MAX-VY BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 36.1 kN (Max=24.9)

M 1 : 351  
 X \* 0.817  
 Y \* 0.813  
 Z \* 0.820



Sector of system Beam Elements Group 1...7  
 Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 109123 MAX-VY BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 36.1 kN (Min=-29.5) (Max=32.8)

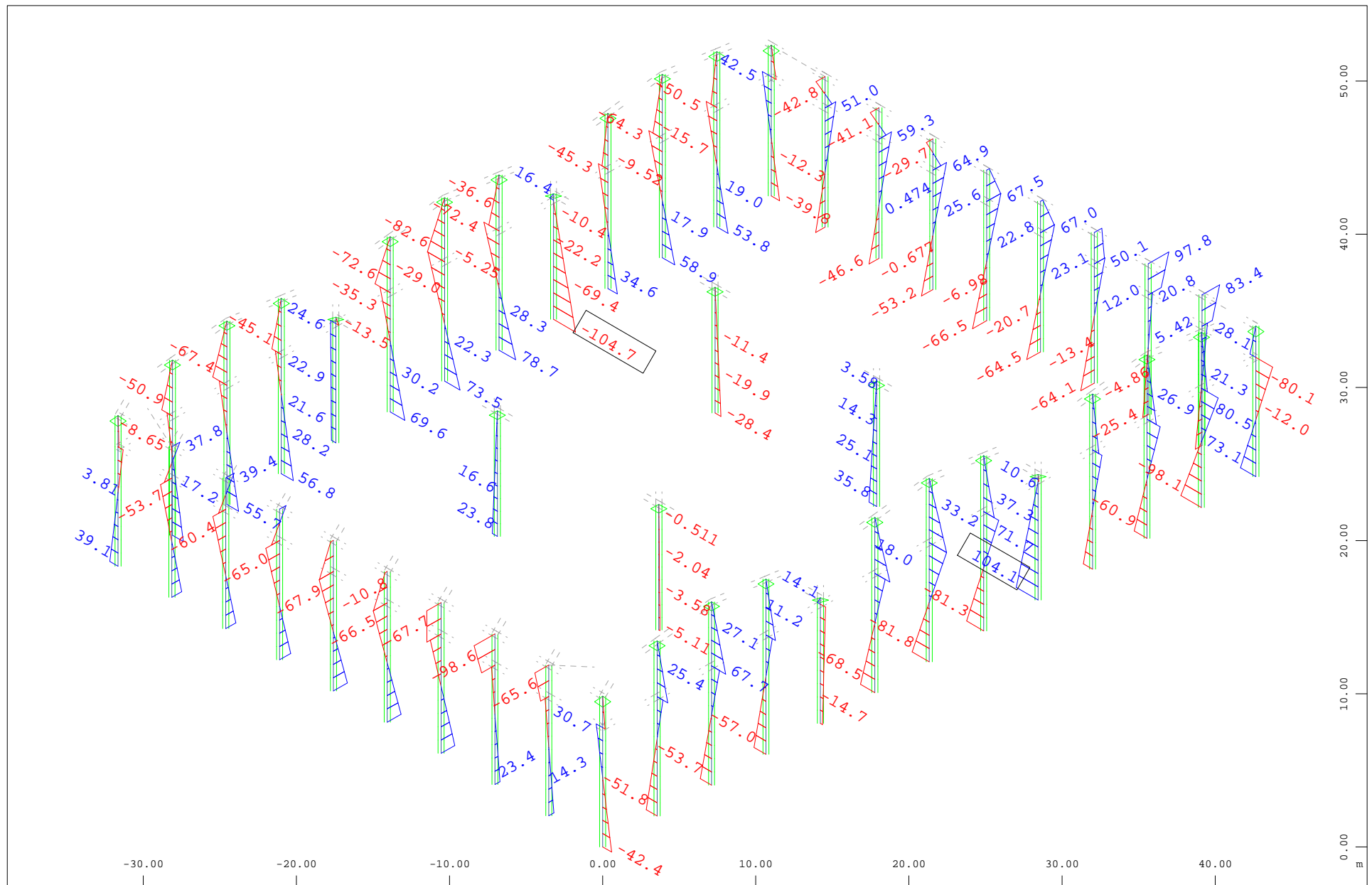
M 1 : 351  
 X \* 0.817  
 Y \* 0.813  
 Z \* 0.820



Sector of system Beam Elements Group 1...7  
 Beam Elements , Torsional moment Mt, Loadcase 109123 MAX-VY BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 18.0 kNm (Min=-17.8) (Max=16.1)

M 1 : 351  
 X \* 0.817  
 Y \* 0.813  
 Z \* 0.820

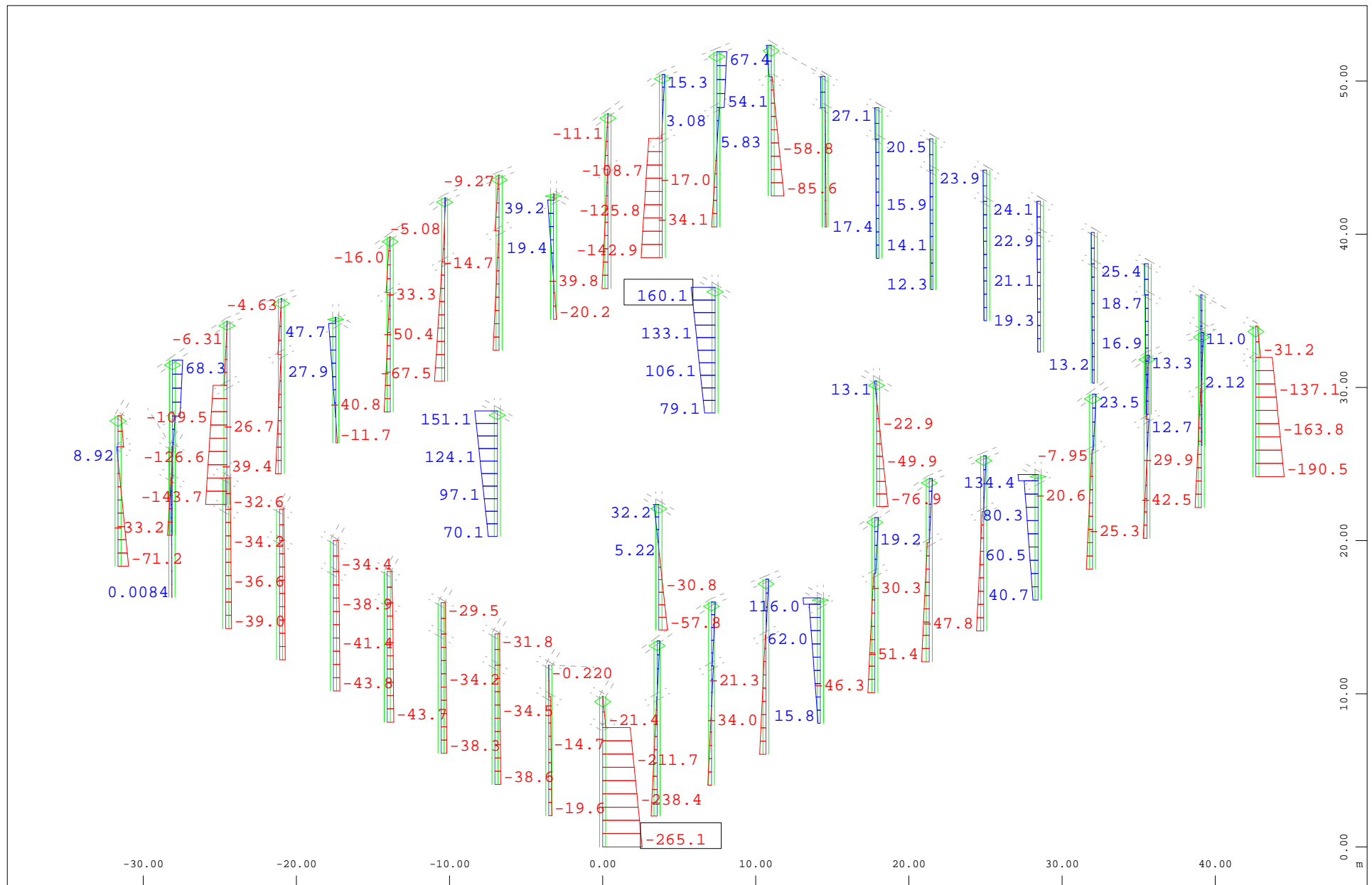




Sector of system Beam Elements Group 1...7  
 Beam Elements , Bending moment  $M_y$ , Loadcase 109123 MAX-VY BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 180.5 kNm (Min=-104.7) (Max=104.1)

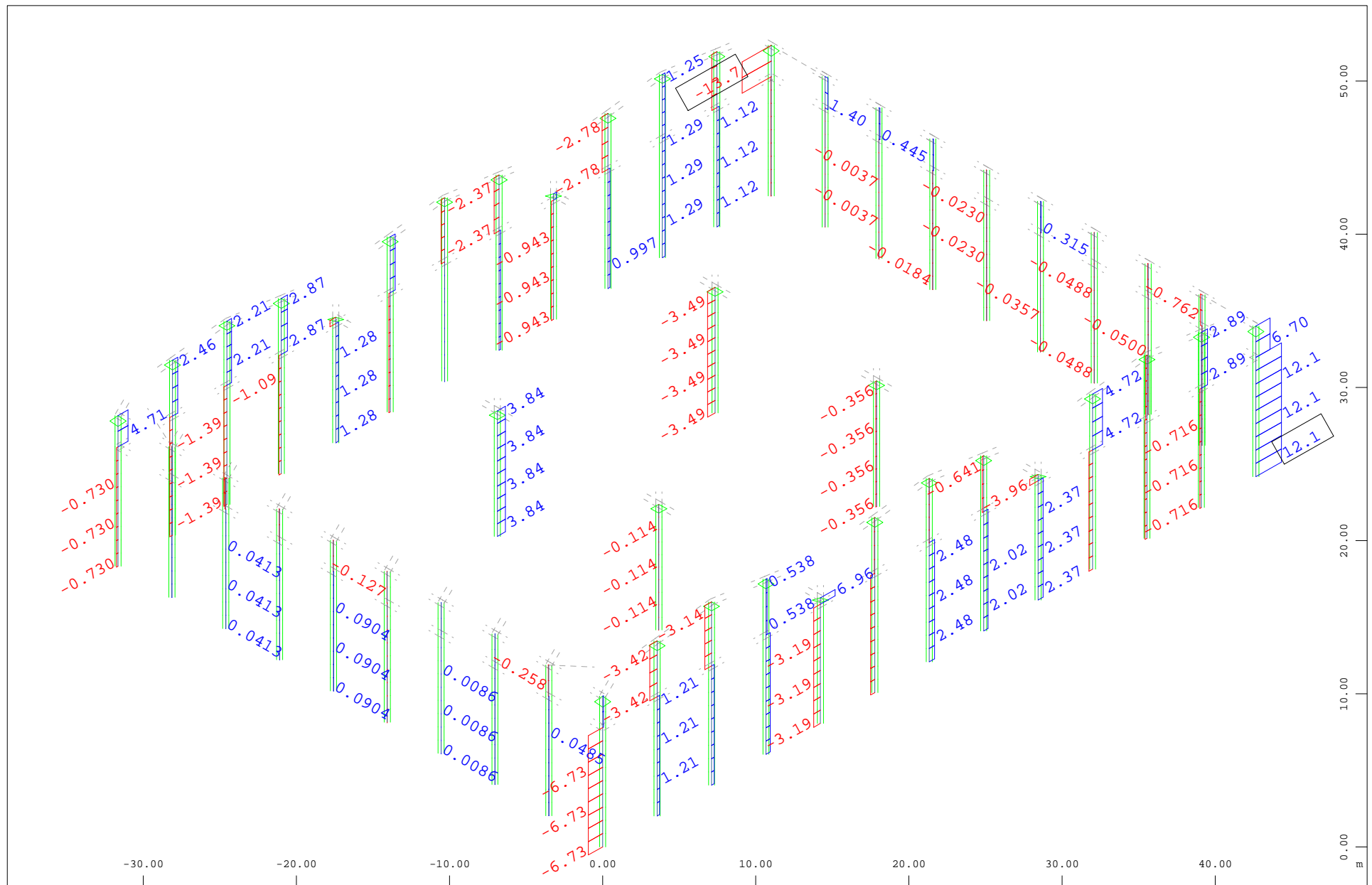
M 1 : 351  
 X \* 0.817  
 Y \* 0.813  
 Z \* 0.820





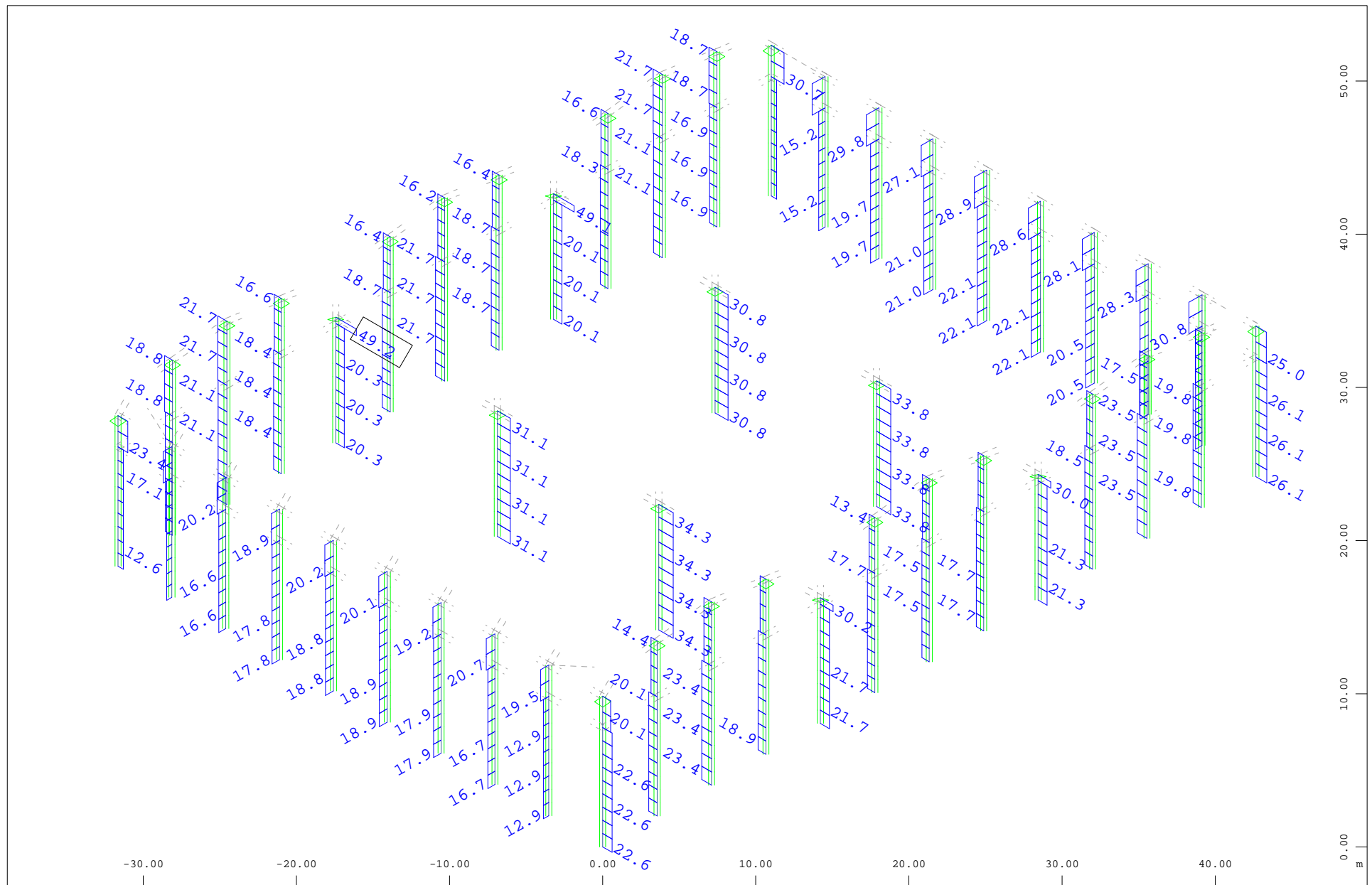
Sector of system Beam Elements Group 1...7  
 Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 109125 MAX-VZ BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 360.9 kN (Min=-265.1) (Max=160.1)

M 1 : 351  
 X \* 0.817  
 Y \* 0.813  
 Z \* 0.820



Sector of system Beam Elements Group 1...7  
 Beam Elements , Shear force Vy, Loadcase 109125 MAX-VZ BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 18.0 kN (Min=-13.7) (Max=12.1)

M 1 : 351  
 X \* 0.817  
 Y \* 0.813  
 Z \* 0.820



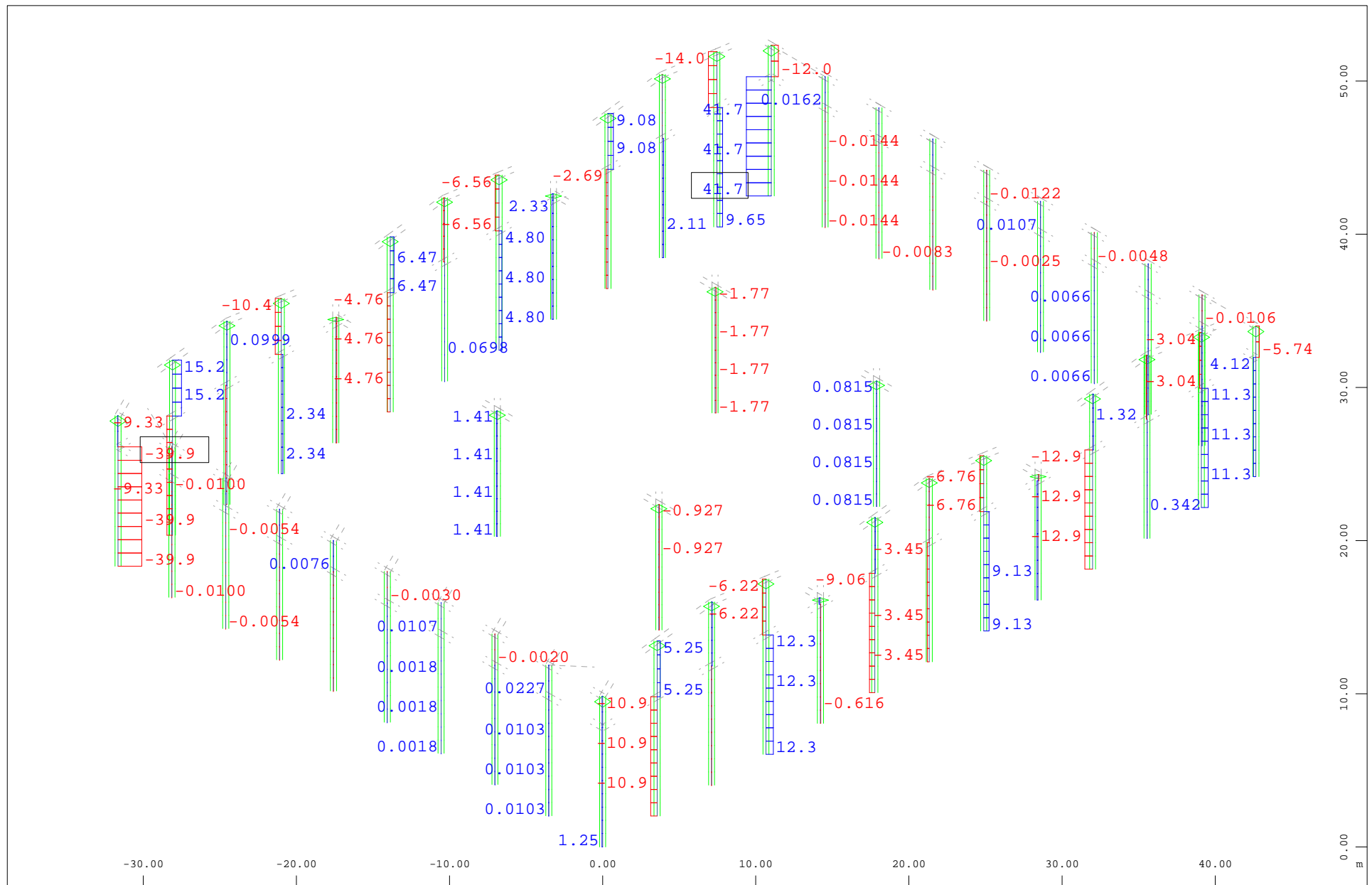
Sector of system Beam Elements Group 1...7



Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 109125 MAX-VZ BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 90.2 kN (Max=49.2)

M 1 : 351

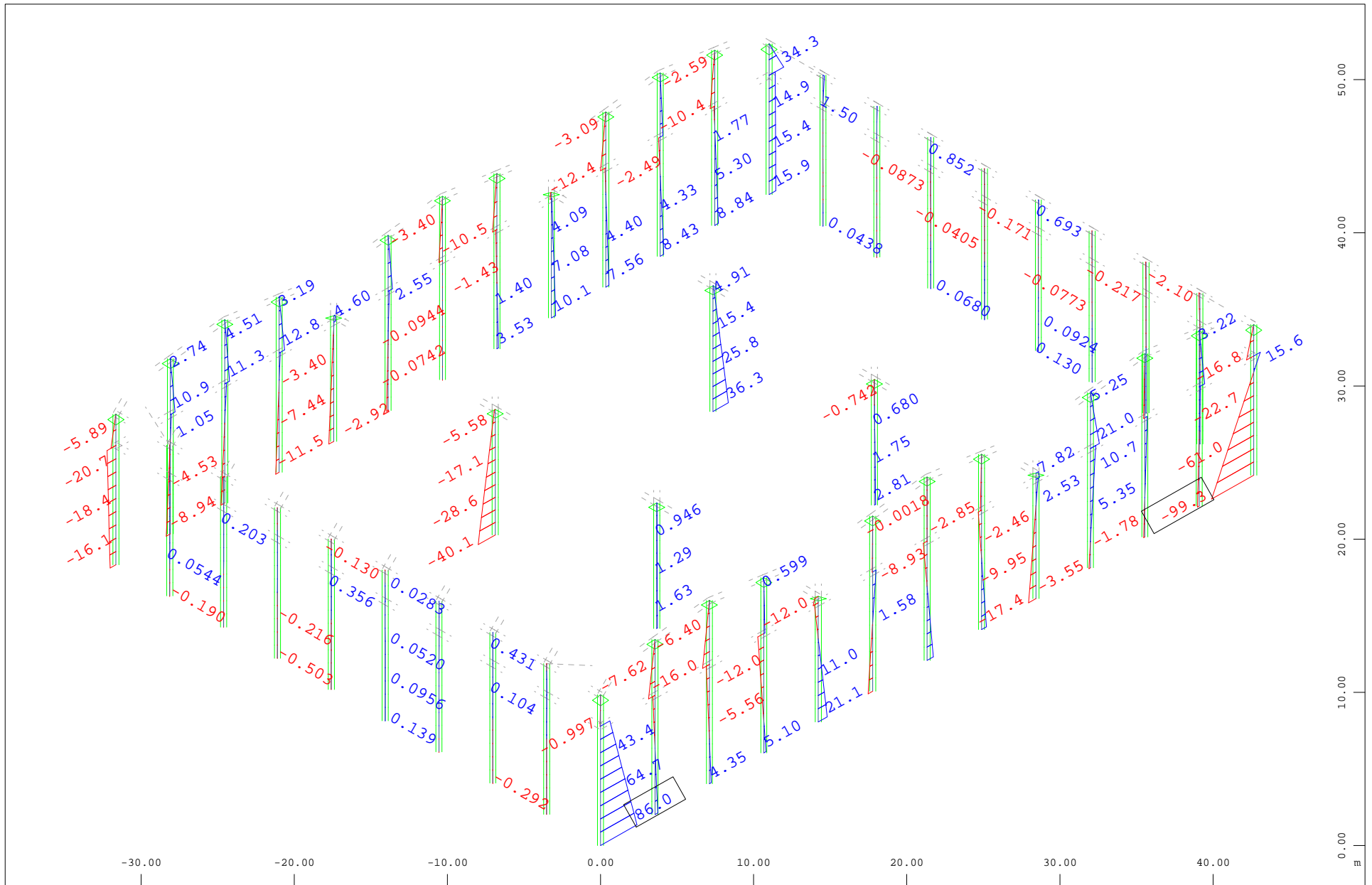
X \* 0.817  
Y \* 0.813  
Z \* 0.820



Sector of system Beam Elements Group 1...7  
 Beam Elements , Torsional moment Mt, Loadcase 109125 MAX-VZ BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 90.2 kNm (Min=-39.9) (Max=41.7)

M 1 : 351  
 X \* 0.817  
 Y \* 0.813  
 Z \* 0.820





Y Z X

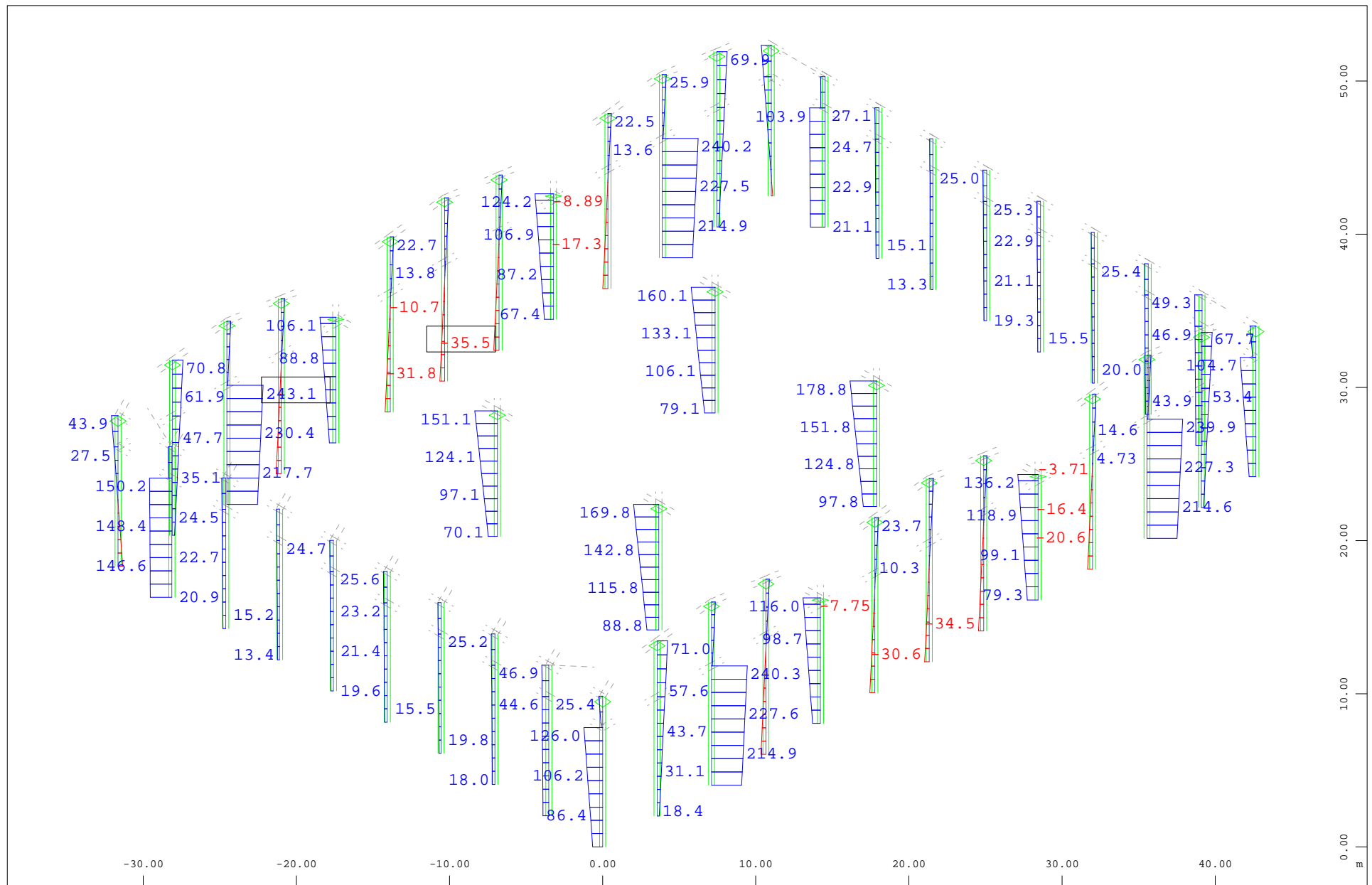
Sector of system Beam Elements Group 1...

Beam Elements , Bending moment Mz, Loadcase 109125 MAX-VZ BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 90.2 kNm (Min=-99.3) (Max=86.0)

M 1 : 351

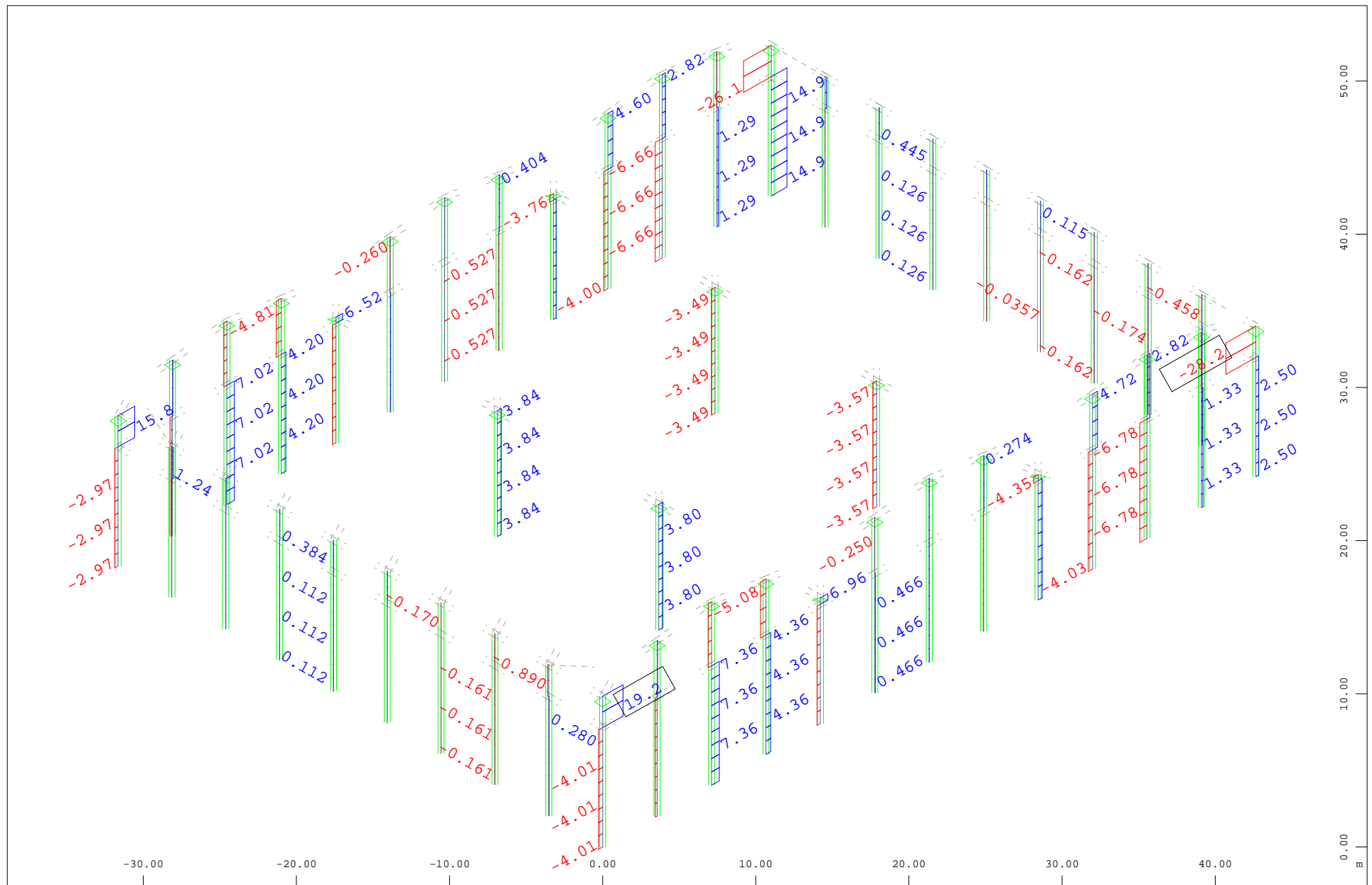
X \* 0.817  
Y \* 0.813  
Z \* 0.820





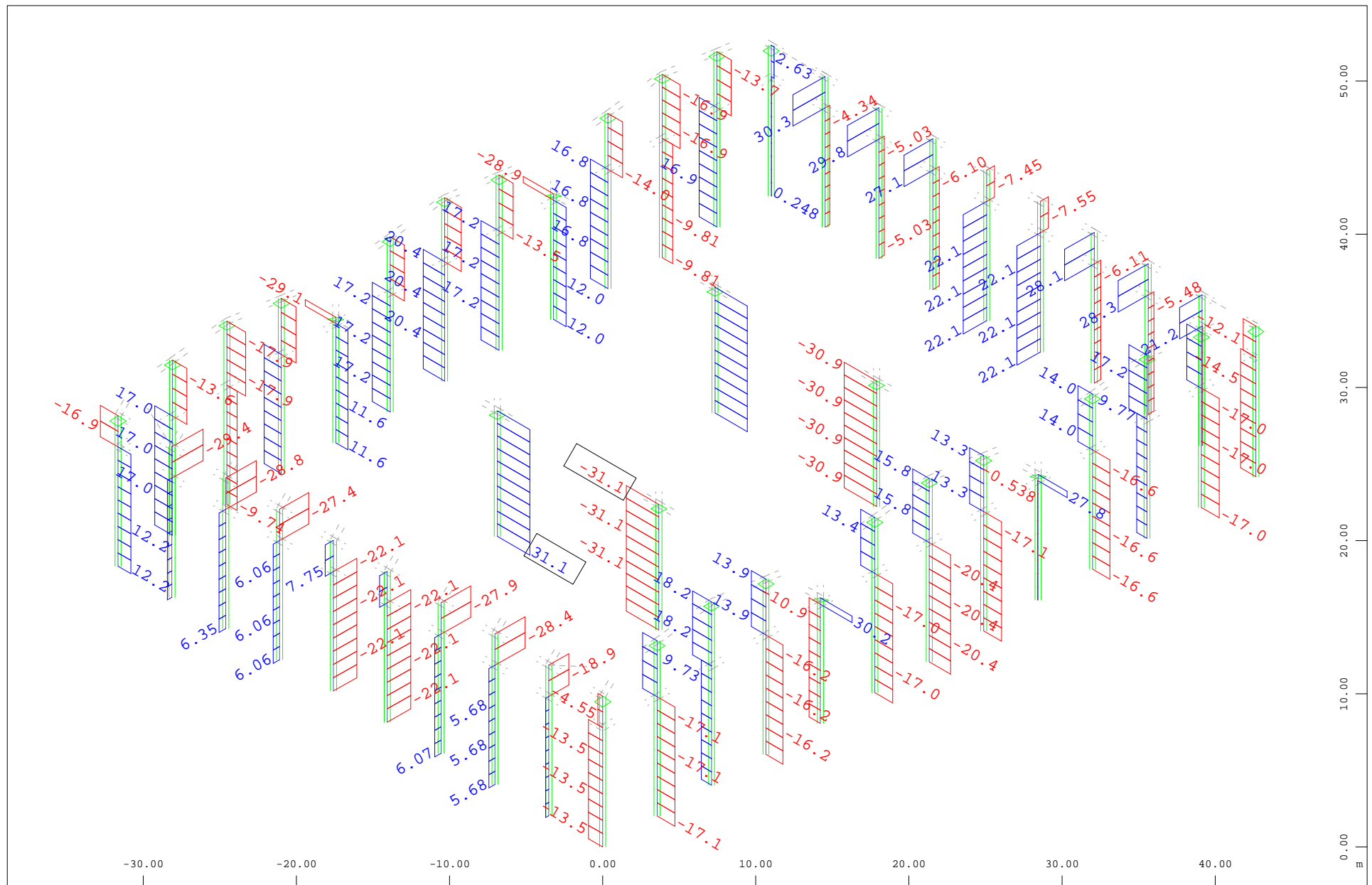
Sector of system Beam Elements Group 1...7  
 Beam Elements , Normal force  $N_x$ , Loadcase 109121 MAX-N BEAM Forces in Beam Element , 1 cm 3D = 360.9 kN (Min=-35.5) (Max=243.1)

M 1 : 351  
 X \* 0.817  
 Y \* 0.813  
 Z \* 0.820



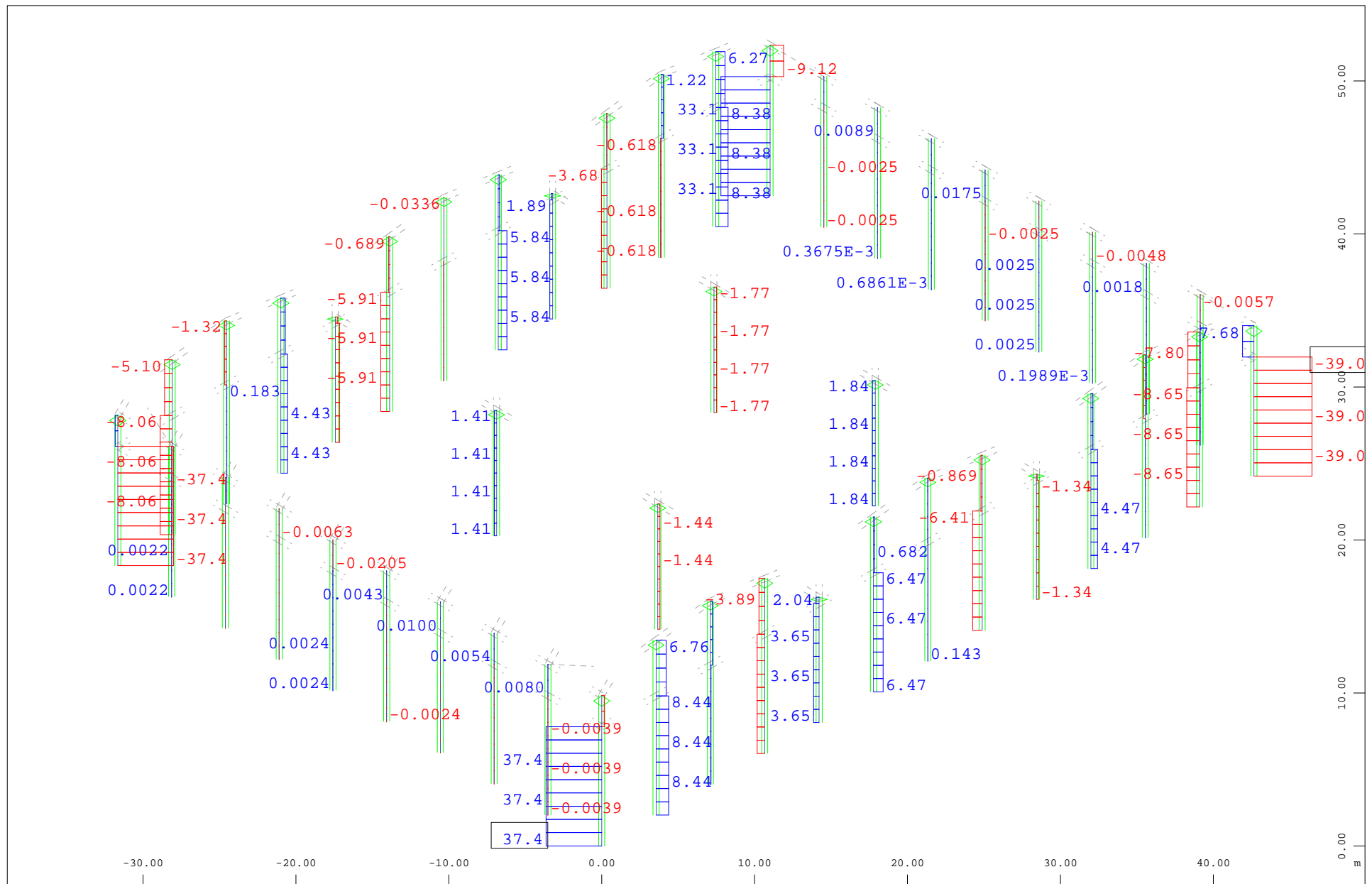
Sector of system Beam Elements Group 1...7  
 Beam Elements , Shear force Vy, Loadcase 109121 MAX-N BEAM Forces in Beam Elemen , 1 cm 3D = 36.1 kN (Min=-28.2) (Max=19.2)

M 1 : 351  
 X \* 0.817  
 Y \* 0.813  
 Z \* 0.820



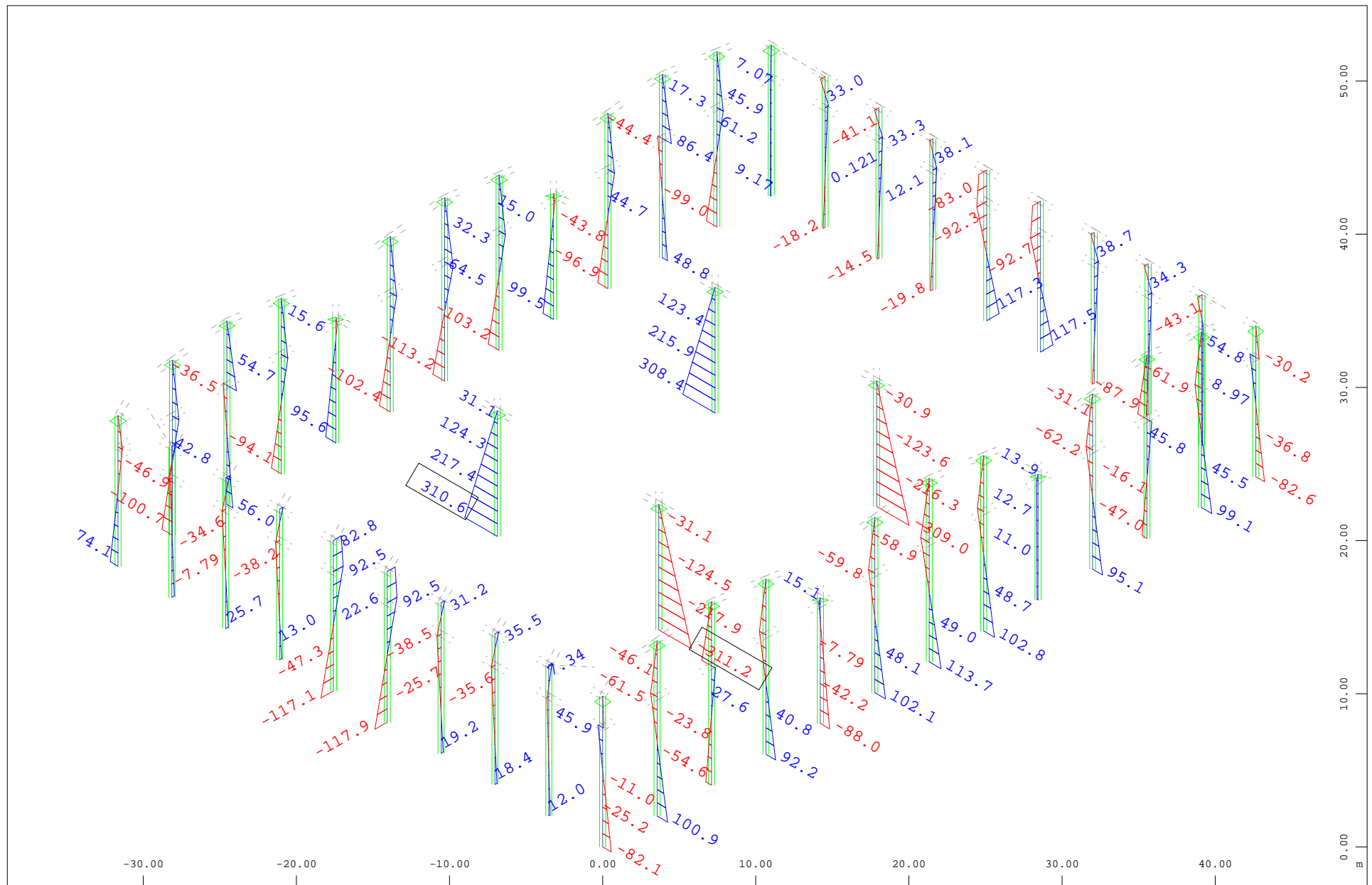
Sector of system Beam Elements Group 1...7  
 Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 109121 MAX-N BEAM Forces in Beam Elemen , 1 cm 3D = 36.1 kN (Min=-31.1) (Max=31.1)

M 1 : 351  
 X \* 0.817  
 Y \* 0.813  
 Z \* 0.820



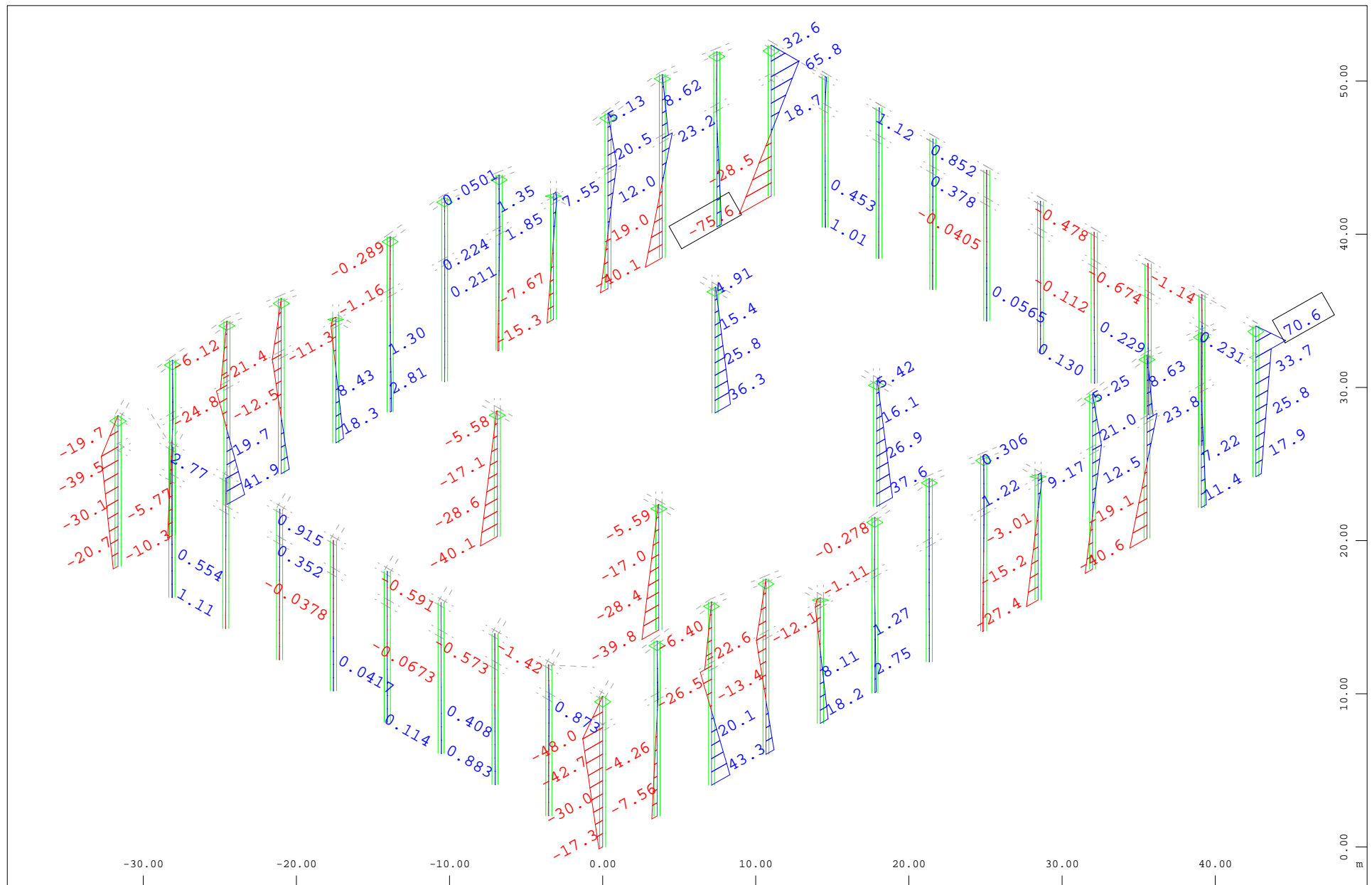
Sector of system Beam Elements Group 1...7  
 Beam Elements , Torsional moment Mt, Loadcase 109121 MAX-N BEAM Forces in Beam Elemen , 1 cm 3D = 36.1 kNm (Min=-39.0) (Max=37.4)

M 1 : 351  
 X \* 0.817  
 Y \* 0.813  
 Z \* 0.820



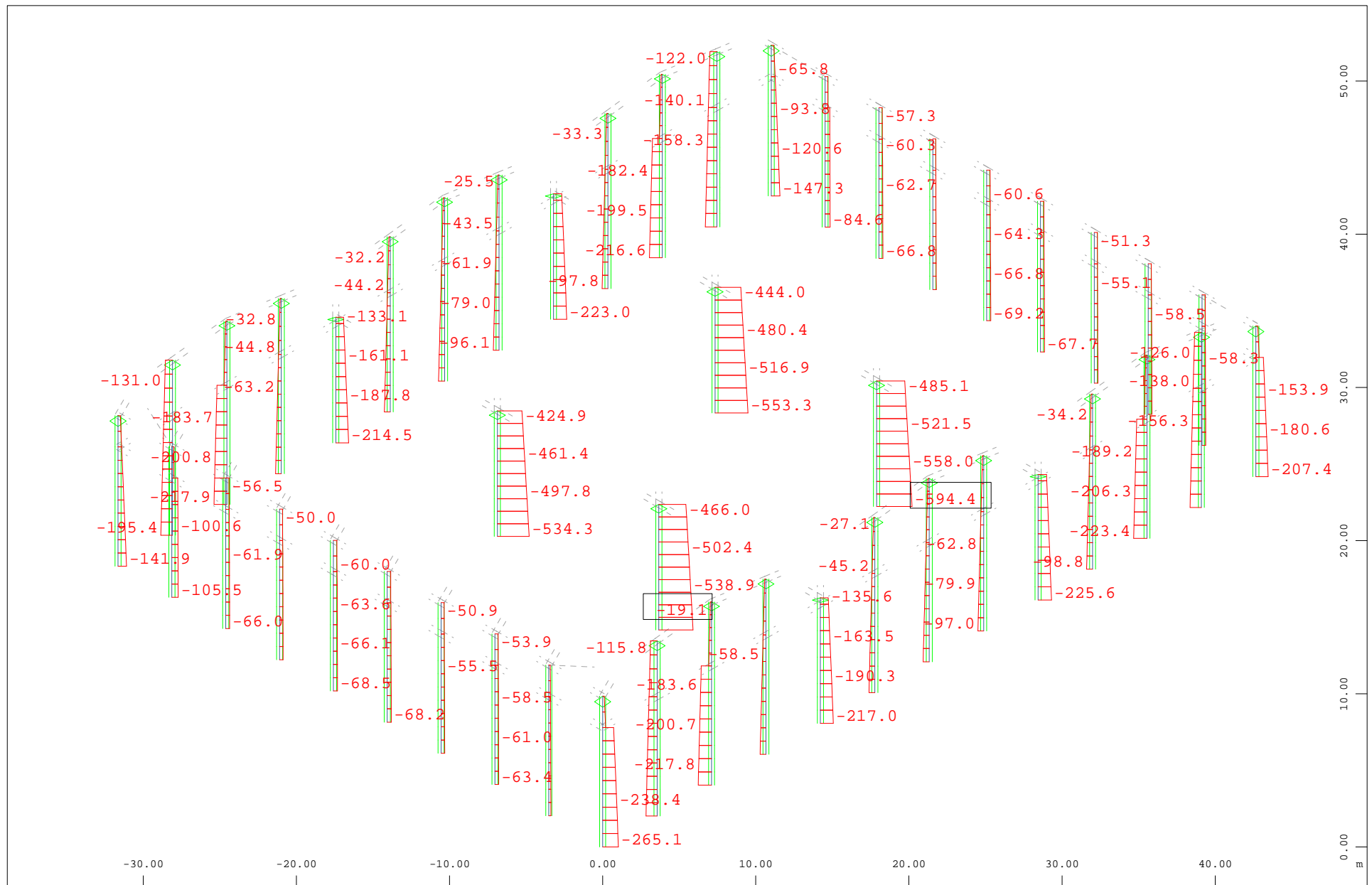
Sector of system Beam Elements Group 1...7  
 Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 109121 MAX-N BEAM Forces in Beam Elemen , 1 cm 3D = 360.9 kNm (Min=-311.2) (Max=310.6)

M 1 : 351  
 X \* 0.817  
 Y \* 0.813  
 Z \* 0.820



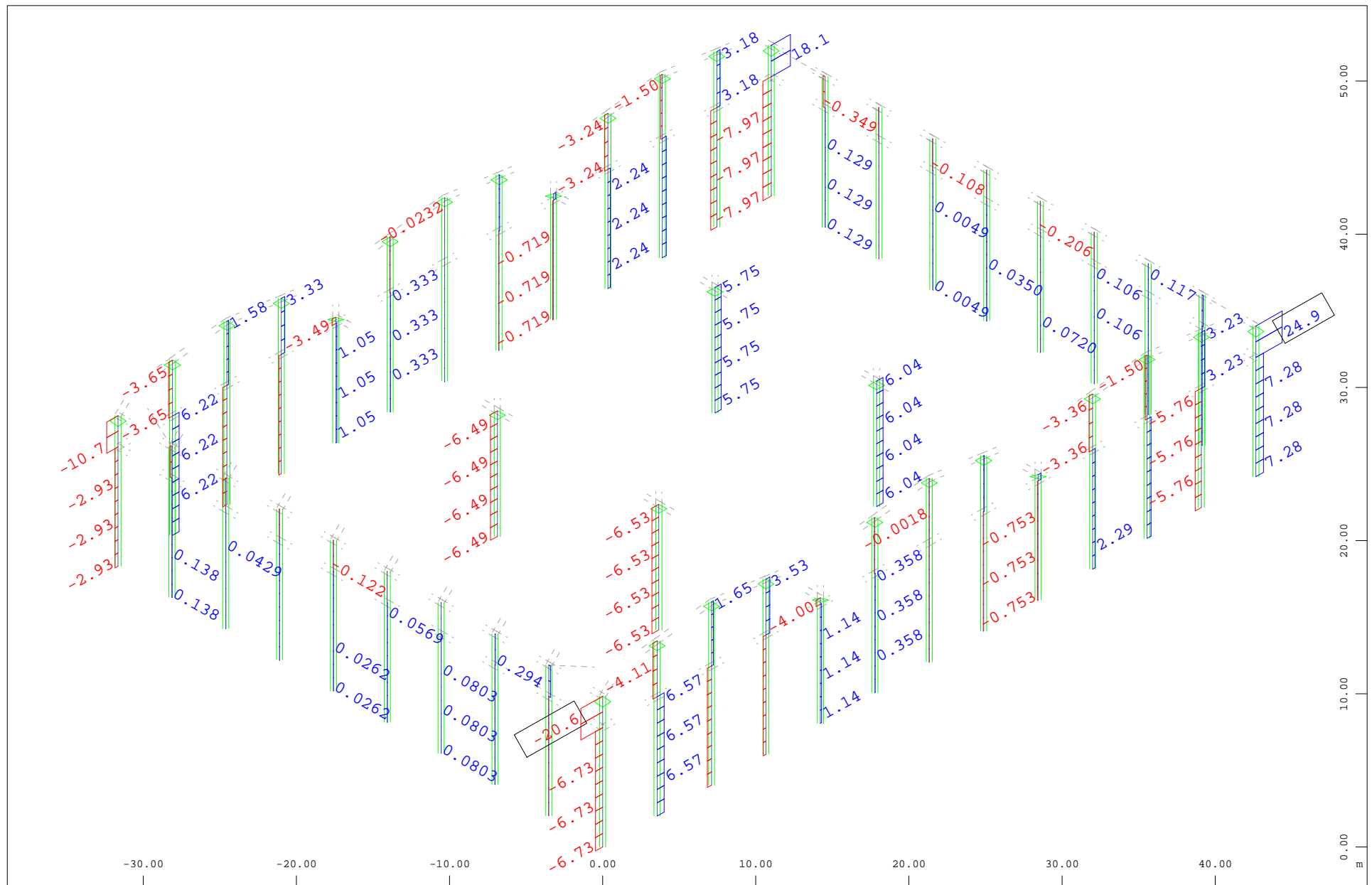
Sector of system Beam Elements Group 1...7  
 Beam Elements , Bending moment Mz, Loadcase 109121 MAX-N BEAM Forces in Beam Elemen , 1 cm 3D = 90.2 kNm (Min=-75.6) (Max=70.6)

M 1 : 351  
 X \* 0.817  
 Y \* 0.813  
 Z \* 0.820



Sector of system Beam Elements Group 1...7  
 Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 109122 MIN-N BEAM Forces in Beam Element , 1 cm 3D = 902.3 kN (Min=-594.4) (Max=-19.1)

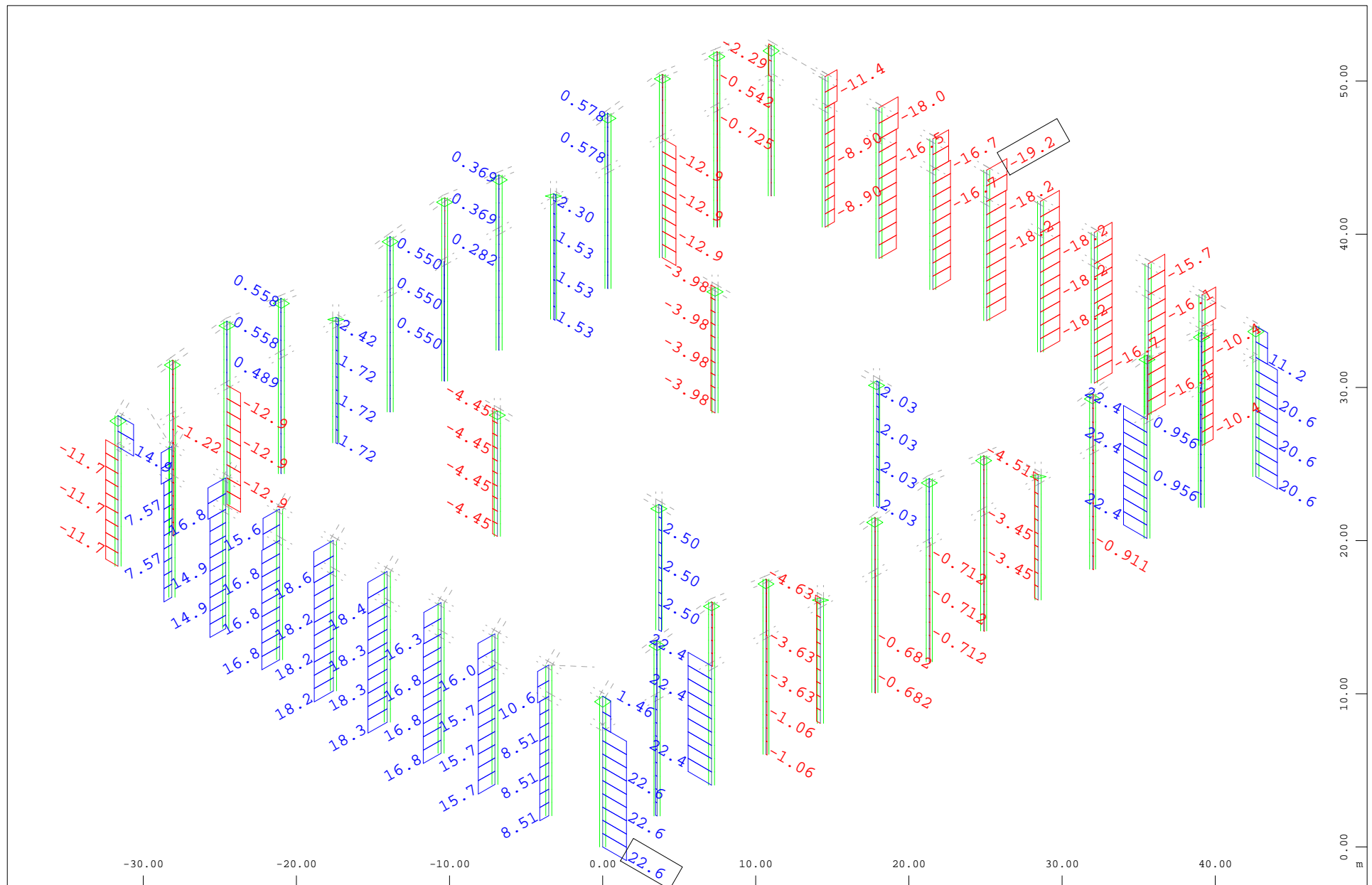
M 1 : 351  
 X \* 0.817  
 Y \* 0.813  
 Z \* 0.820



Sector of system Beam Elements Group 1...7  
 Beam Elements , Shear force  $V_y$ , Loadcase 109122 MIN-N BEAM Forces in Beam Elemen , 1 cm 3D = 36.1 kN (Min=-20.6) (Max=24.9)

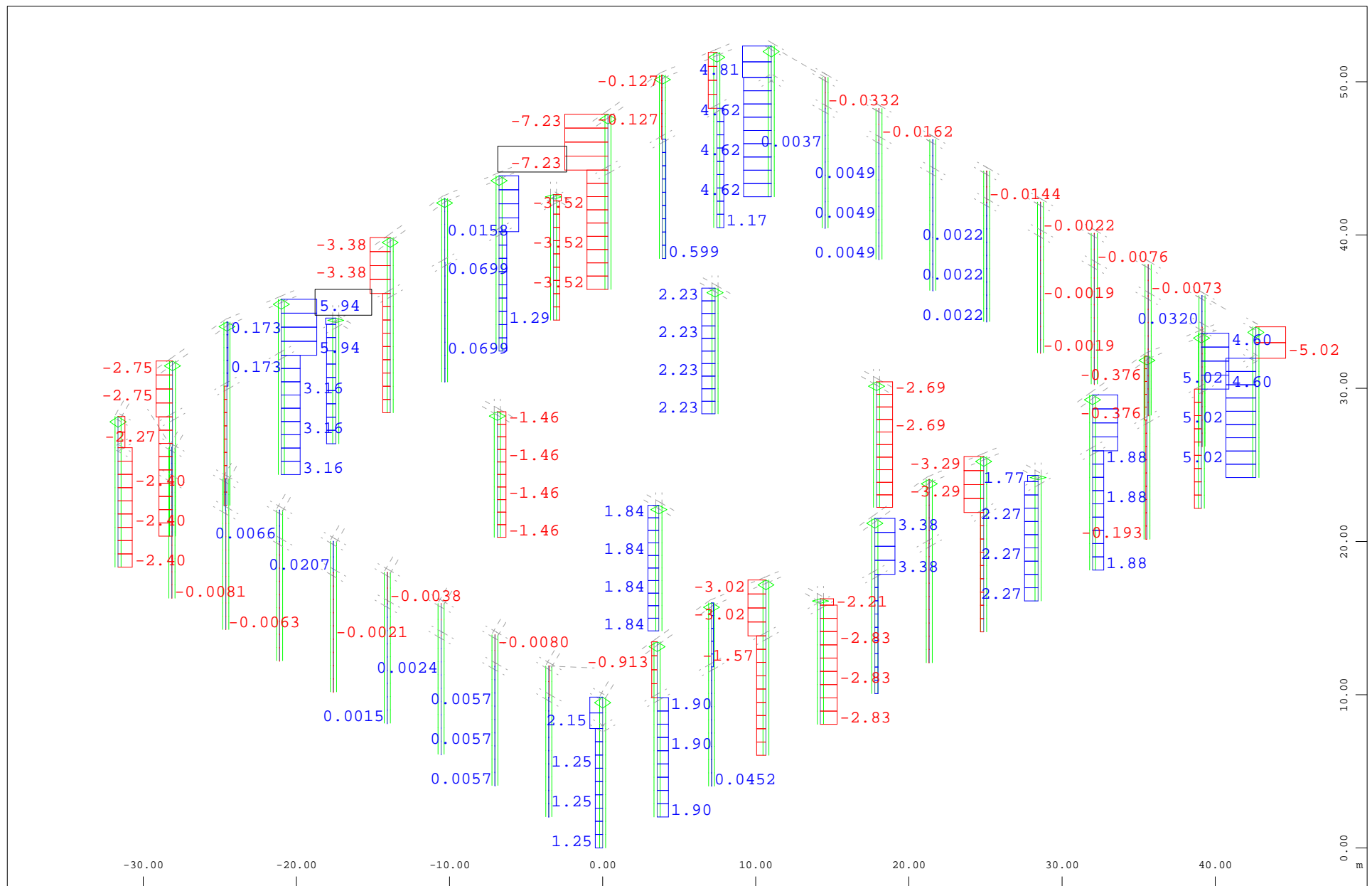
M 1 : 351  
 X \* 0.817  
 Y \* 0.813  
 Z \* 0.820





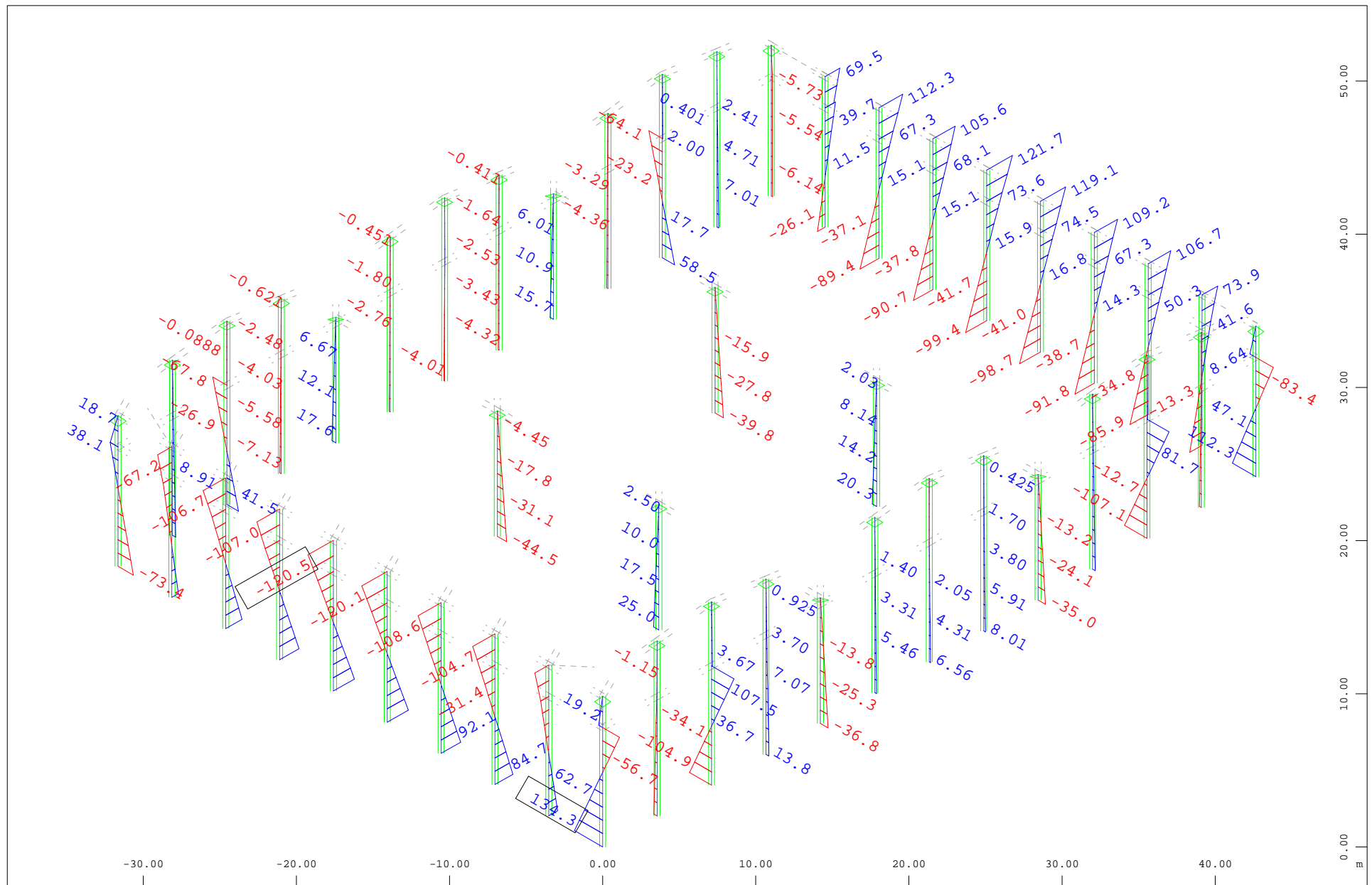
Sector of system Beam Elements Group 1...7  
 Beam Elements , Shear force  $V_z$ , Loadcase 109122 MIN-N BEAM Forces in Beam Element , 1 cm 3D = 36.1 kN (Min=-19.2) (Max=22.6)

M 1 : 351  
 X \* 0.817  
 Y \* 0.813  
 Z \* 0.820



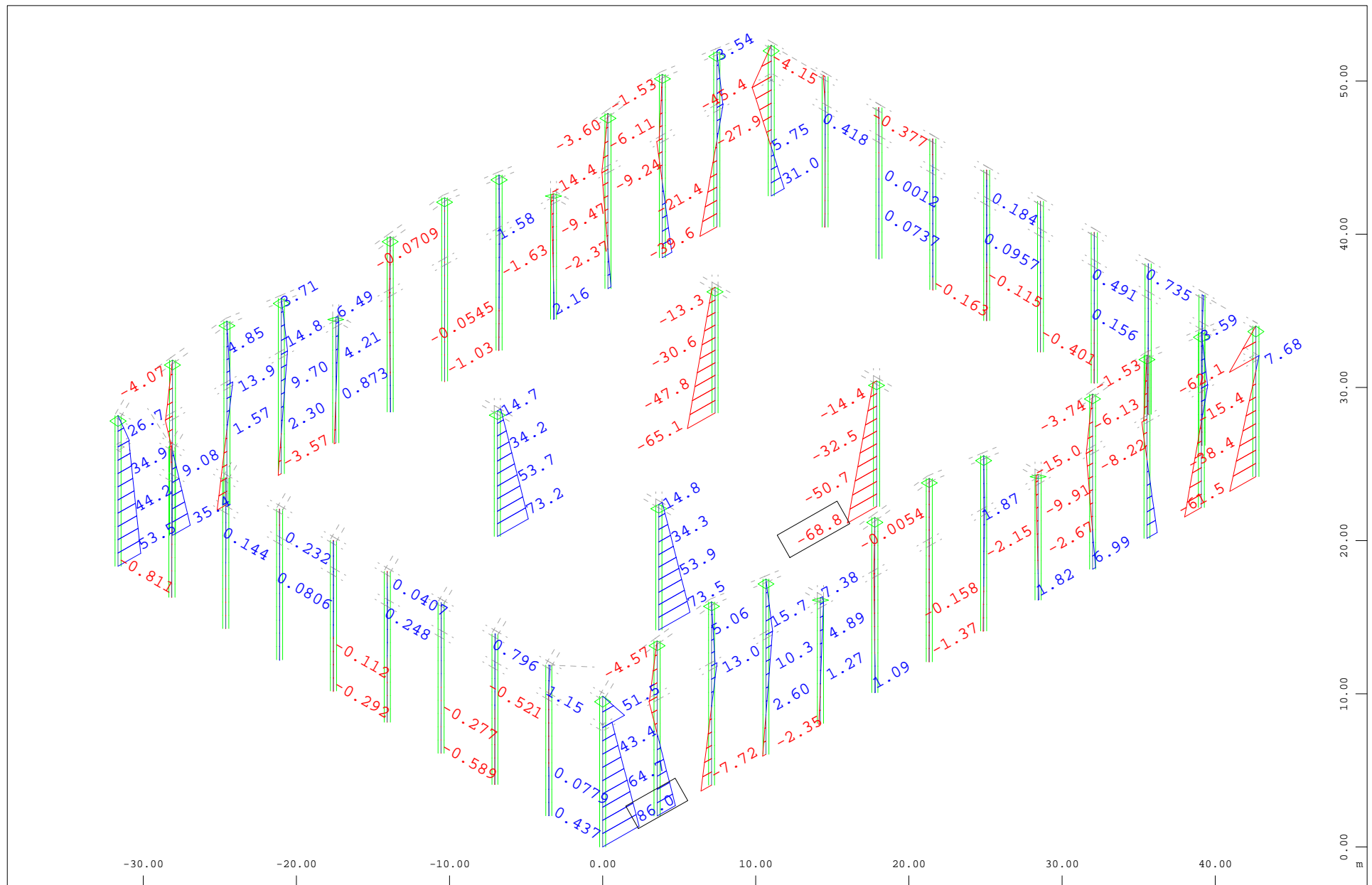
Sector of system Beam Elements Group 1...7  
 Beam Elements , Torsional moment Mt, Loadcase 109122 MIN-N BEAM Forces in Beam Element , 1 cm 3D = 9.02 kNm (Min=-7.23) (Max=5.94)

M 1 : 351  
 X \* 0.817  
 Y \* 0.813  
 Z \* 0.820



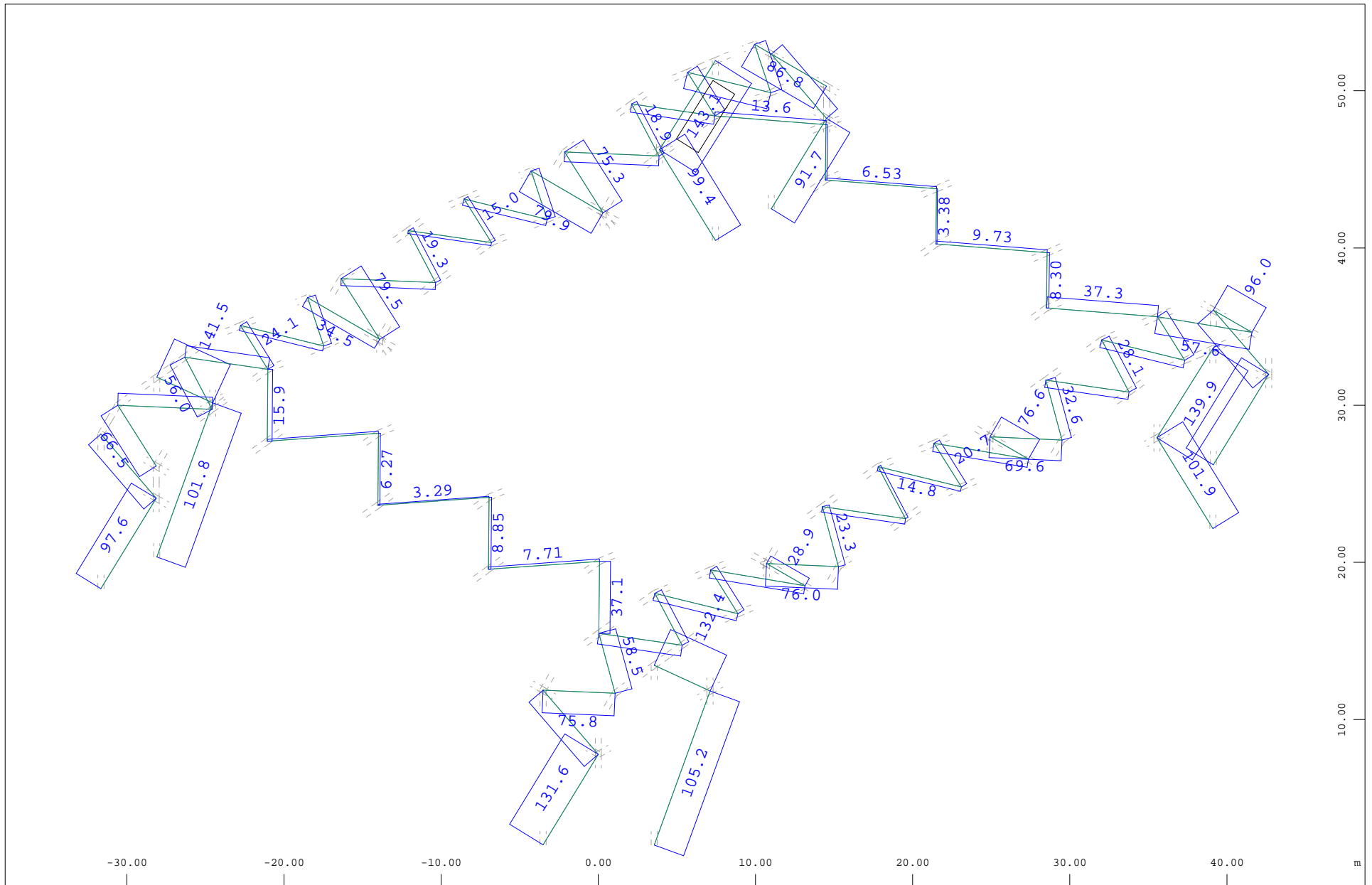
Sector of system Beam Elements Group 1...7  
 Beam Elements , Bending moment  $M_y$ , Loadcase 109122 MIN-N BEAM Forces in Beam Element , 1 cm 3D = 180.5 kNm (Min=-120.5) (Max=134.3)

M 1 : 351  
 X \* 0.817  
 Y \* 0.813  
 Z \* 0.820



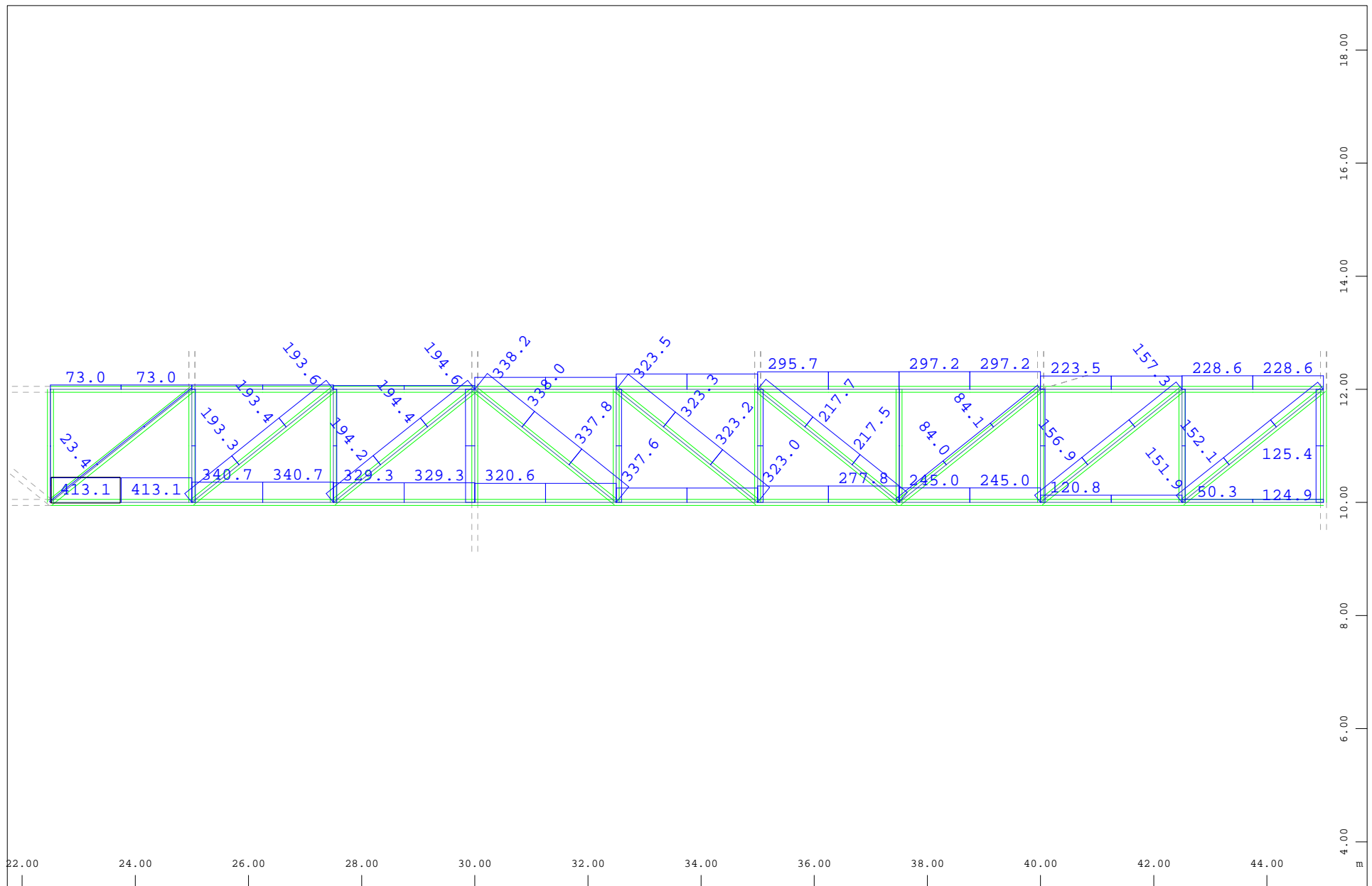
Sector of system Beam Elements Group 1...7  
 Beam Elements , Bending moment  $M_z$ , Loadcase 109122 MIN-N BEAM Forces in Beam Element , 1 cm 3D = 90.2 kNm (Min=-68.8) (Max=86.0)

M 1 : 351  
 X \* 0.817  
 Y \* 0.813  
 Z \* 0.820



Sector of system Truss Elements  
 Truss Elements , Normal force Nx, Loadcase 109141 MAX-N TRUS Forces in Truss Eleme , 1 cm 3D = 180.5 kN (Max=143.1)

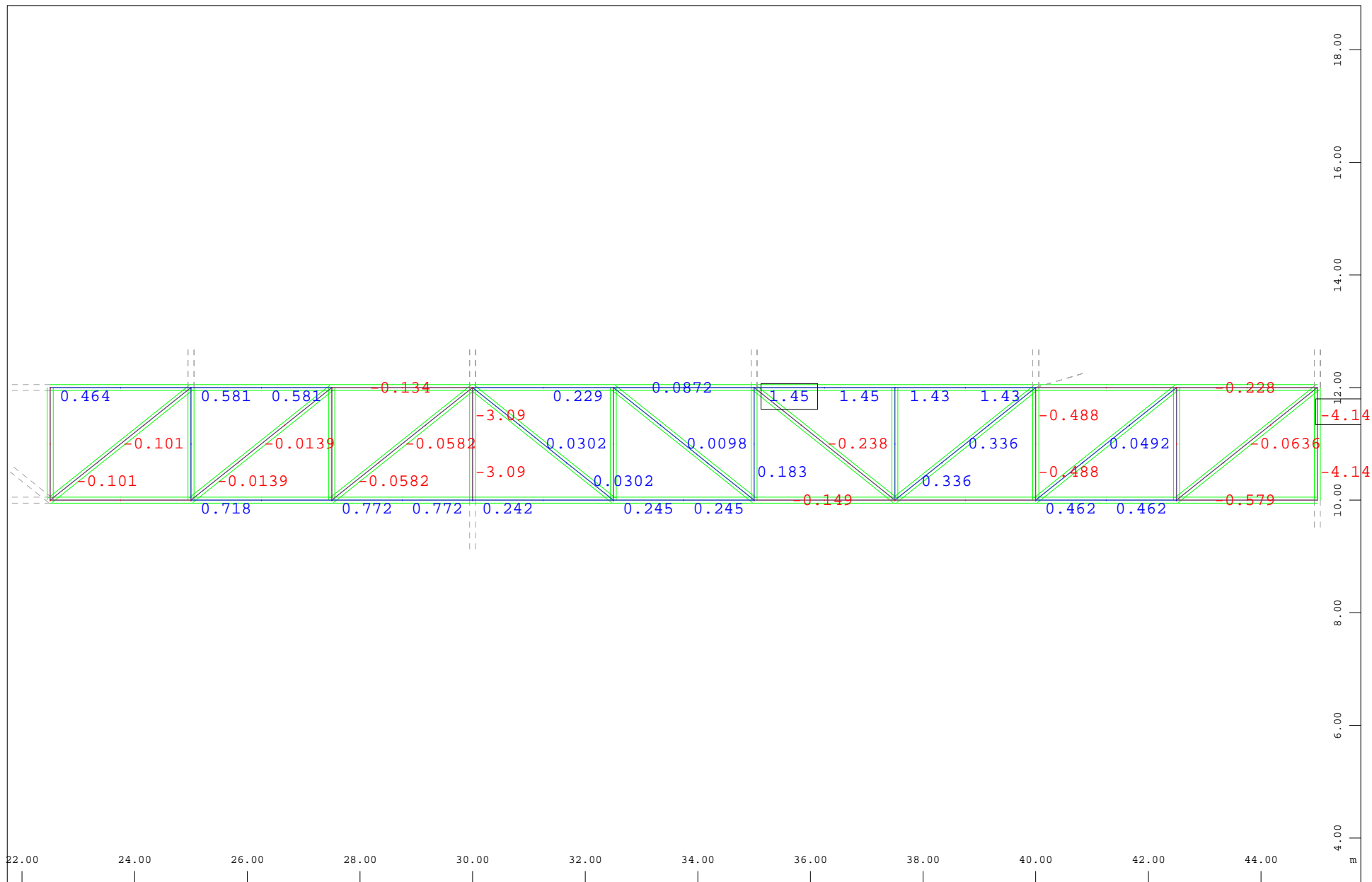
M 1 : 342  
 X \* 0.817  
 Y \* 0.813  
 Z \* 0.820



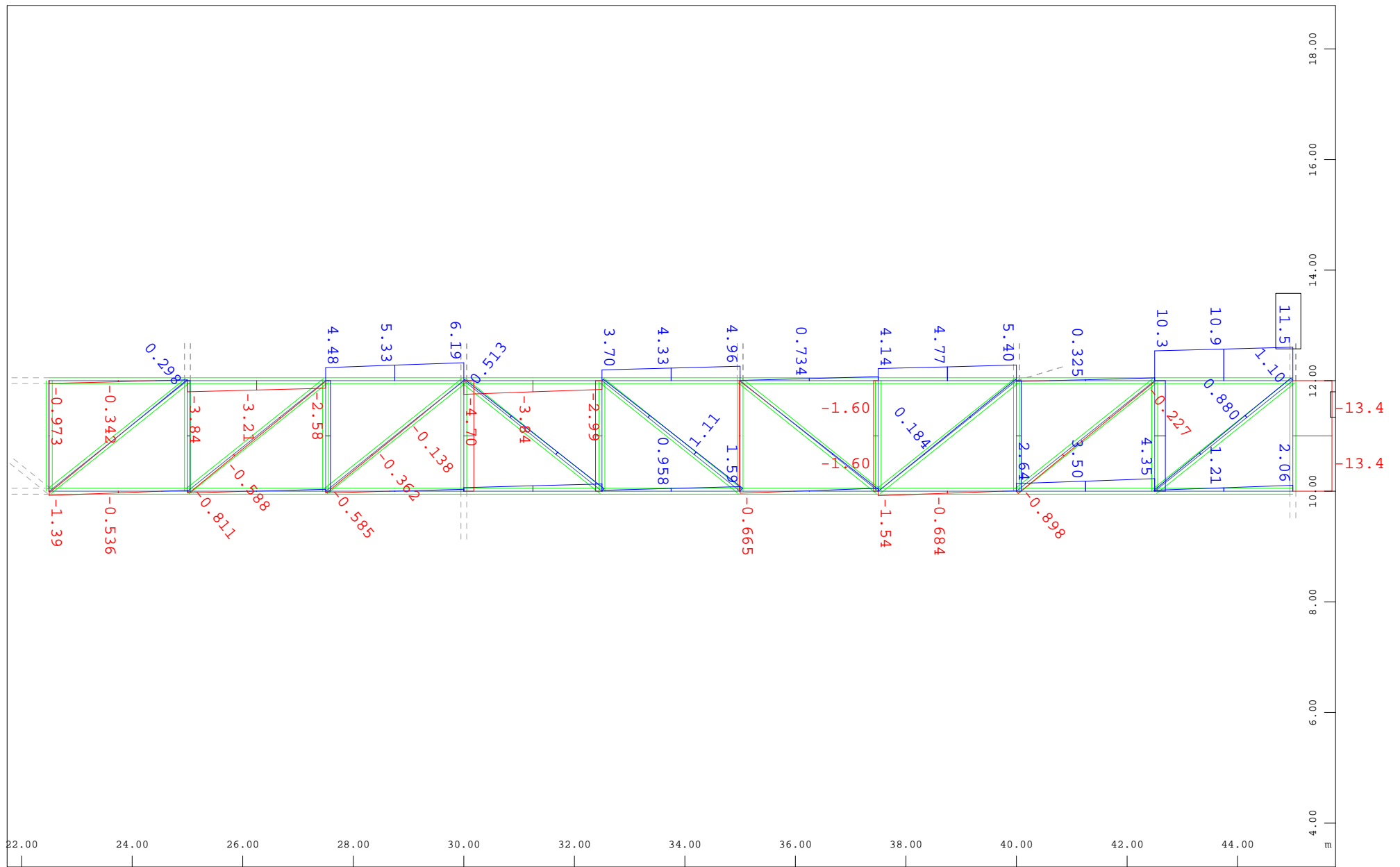
Sector of system Beam Elements Group 101...105

Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 109121 MAX-N BEAM Forces in Beam Element , 1 cm 3D = 902.3 kN (Min=-0.0599) (Max=413.1)

M 1 : 95

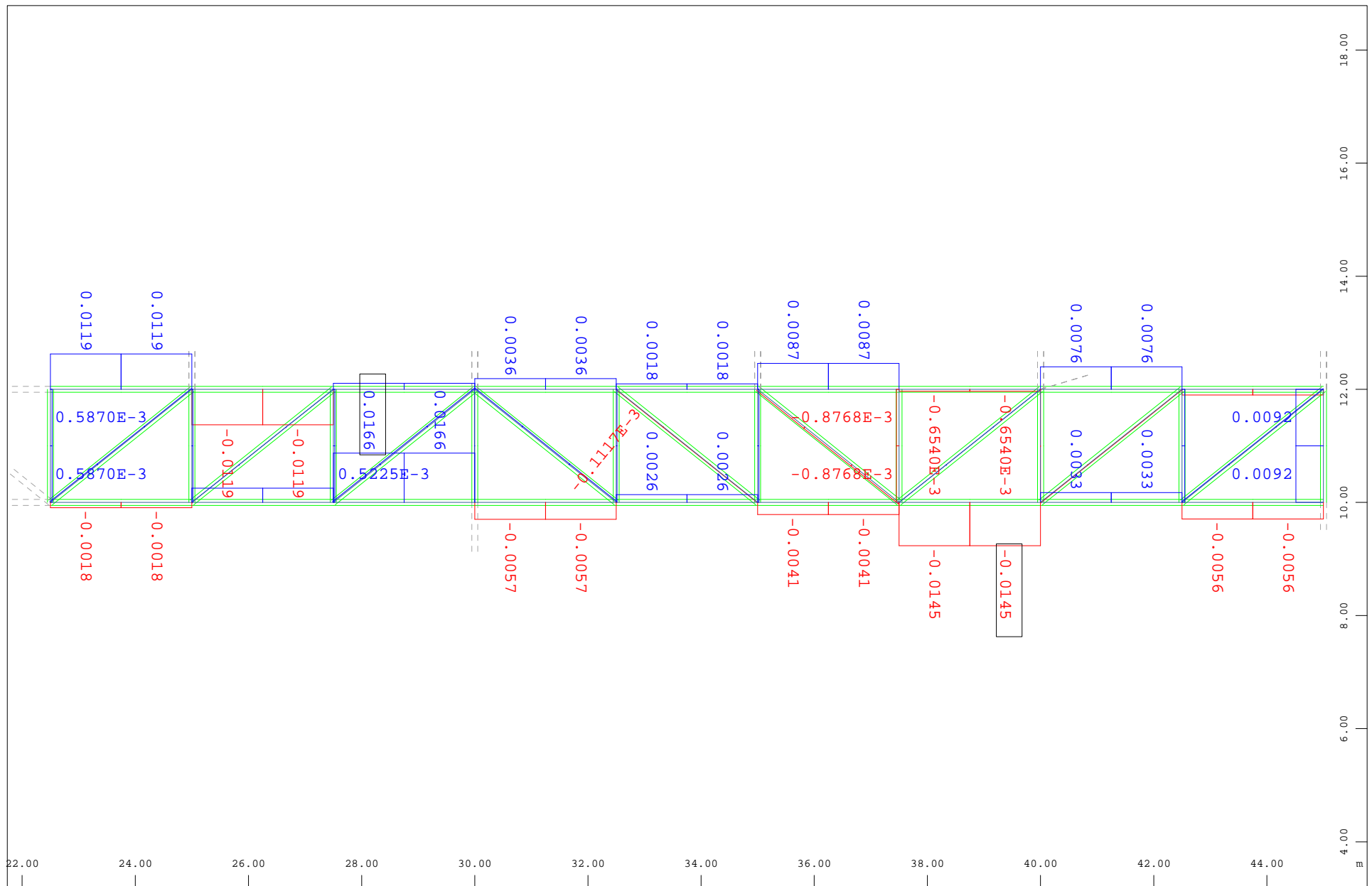


z Sector of system Beam Elements Group 101...105  
 x-y Beam Elements , Shear force  $V_y$ , Loadcase 109121 MAX-N BEAM Forces in Beam Elemen , 1 cm 3D = 9.02 kN (Min=-4.14) (Max=1.45)



Sector of system Beam Elements Group 101...105  
 Beam Elements , Shear force  $V_z$ , Loadcase 109121 MAX-N BEAM Forces in Beam Element , 1 cm 3D = 18.0 kN (Min=-13.4) (Max=11.5)





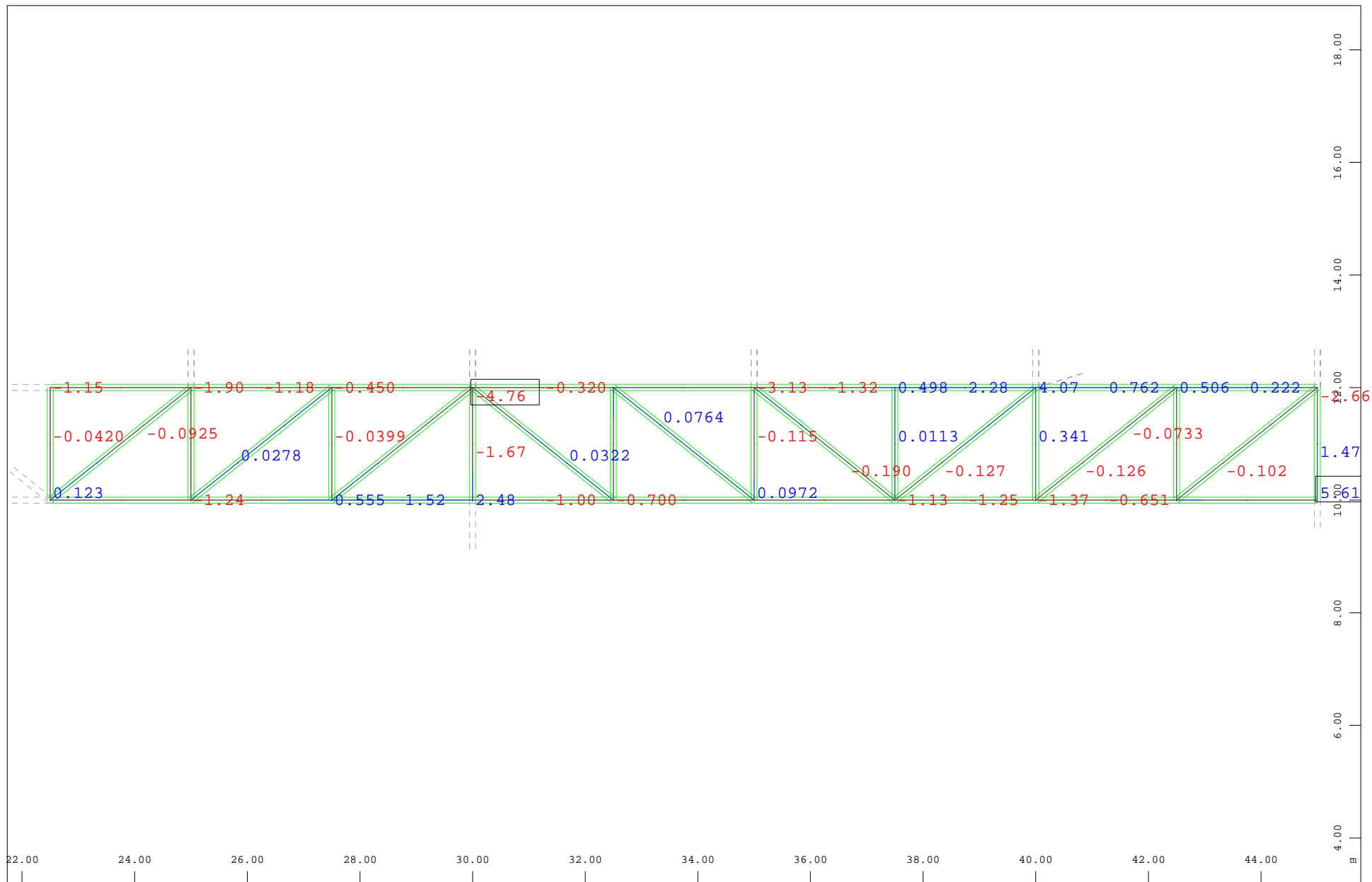
z  
x-y

Sector of system Beam Elements Group 101...105

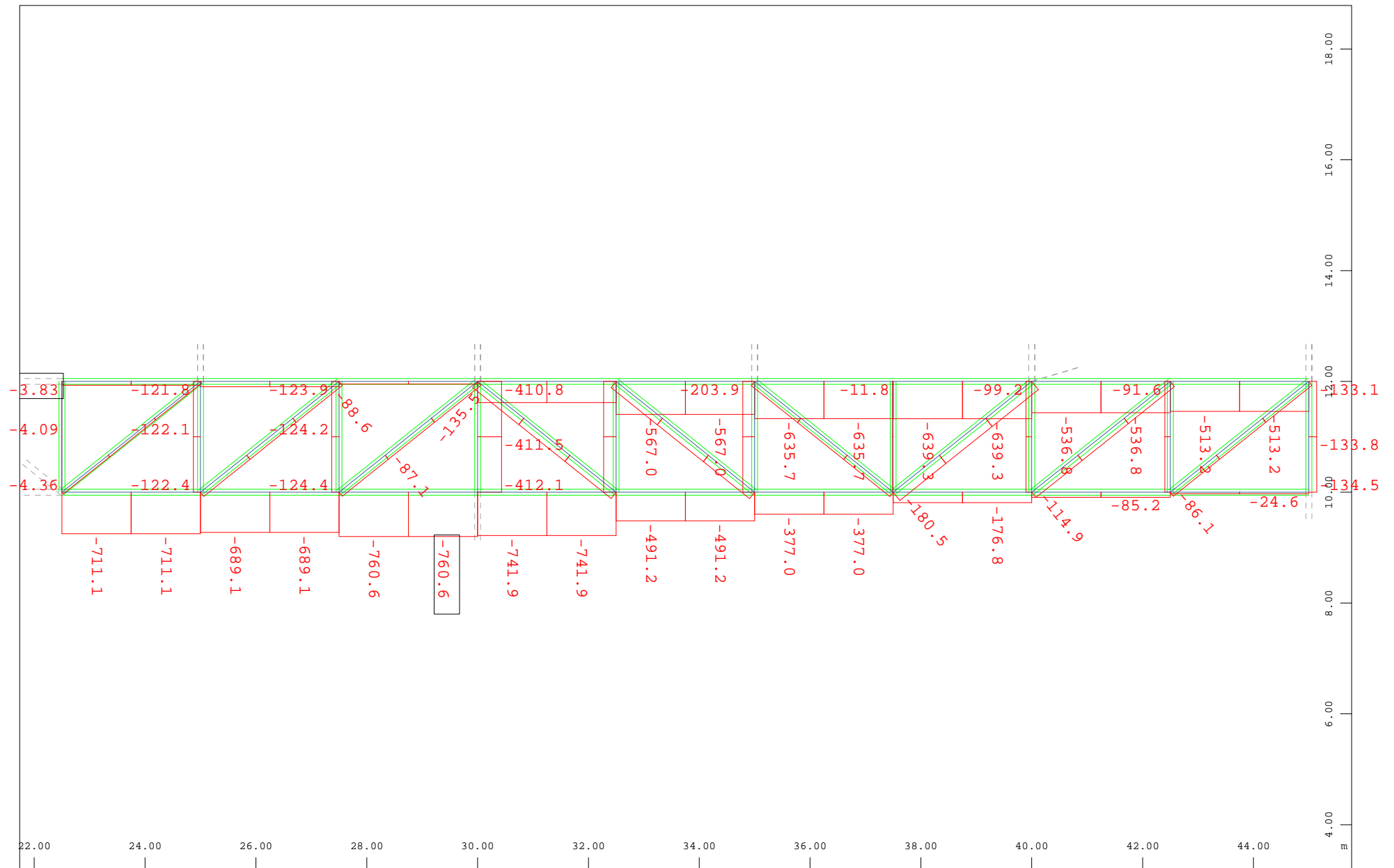
Beam Elements , Torsional moment Mt, Loadcase 109121 MAX-N BEAM Forces in Beam Elemen , 1 cm 3D = 0.0180 kNm (Min=-0.0145) (Max=0.0166)

M 1 : 95

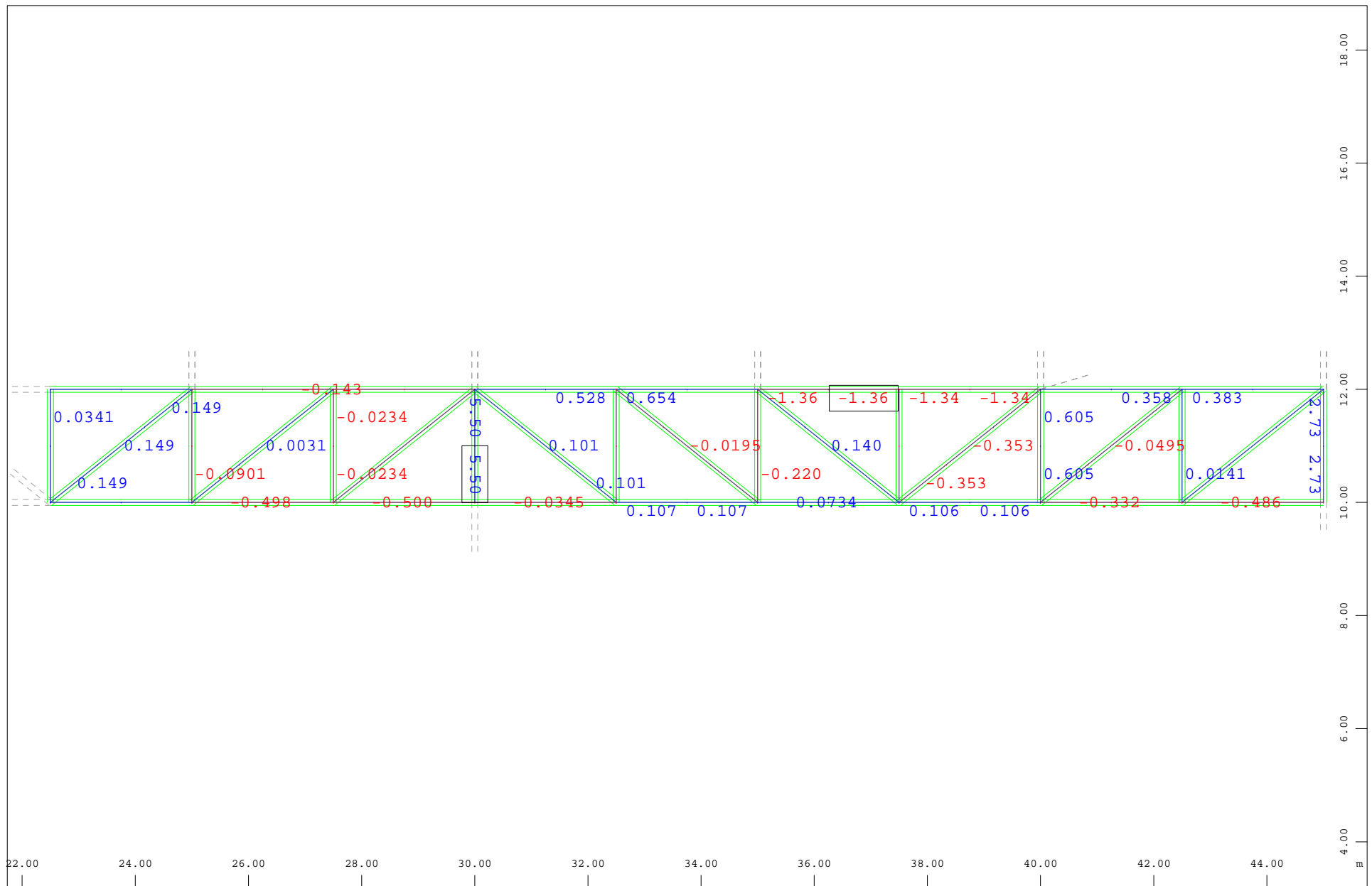




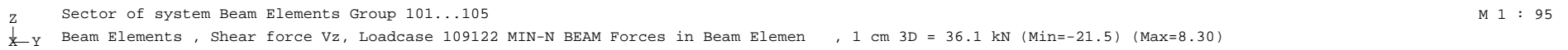
z Sector of system Beam Elements Group 101...105  
 x-y Beam Elements , Bending moment  $M_z$ , Loadcase 109121 MAX-N BEAM Forces in Beam Element , 1 cm 3D = 9.02 kNm (Min=-4.76) (Max=5.61)

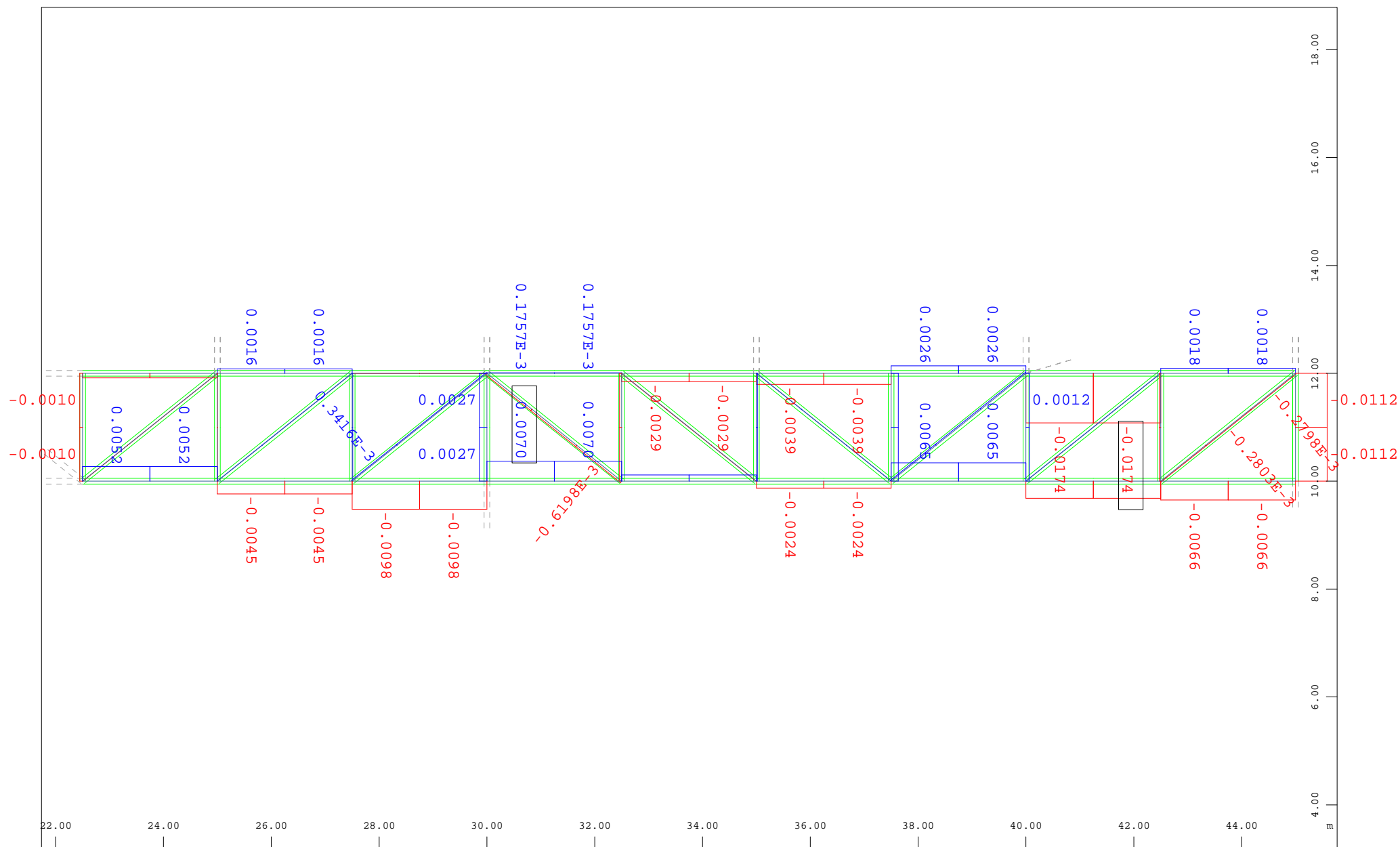


Sector of system Beam Elements Group 101...105  
 Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 109122 MIN-N BEAM Forces in Beam Element , 1 cm 3D = 902.3 kN (Min=-760.6) (Max=-3.83)



z Sector of system Beam Elements Group 101...105  
 x-y Beam Elements , Shear force  $V_y$ , Loadcase 109122 MIN-N BEAM Forces in Beam Elemen , 1 cm 3D = 9.02 kN (Min=-1.36) (Max=5.50)



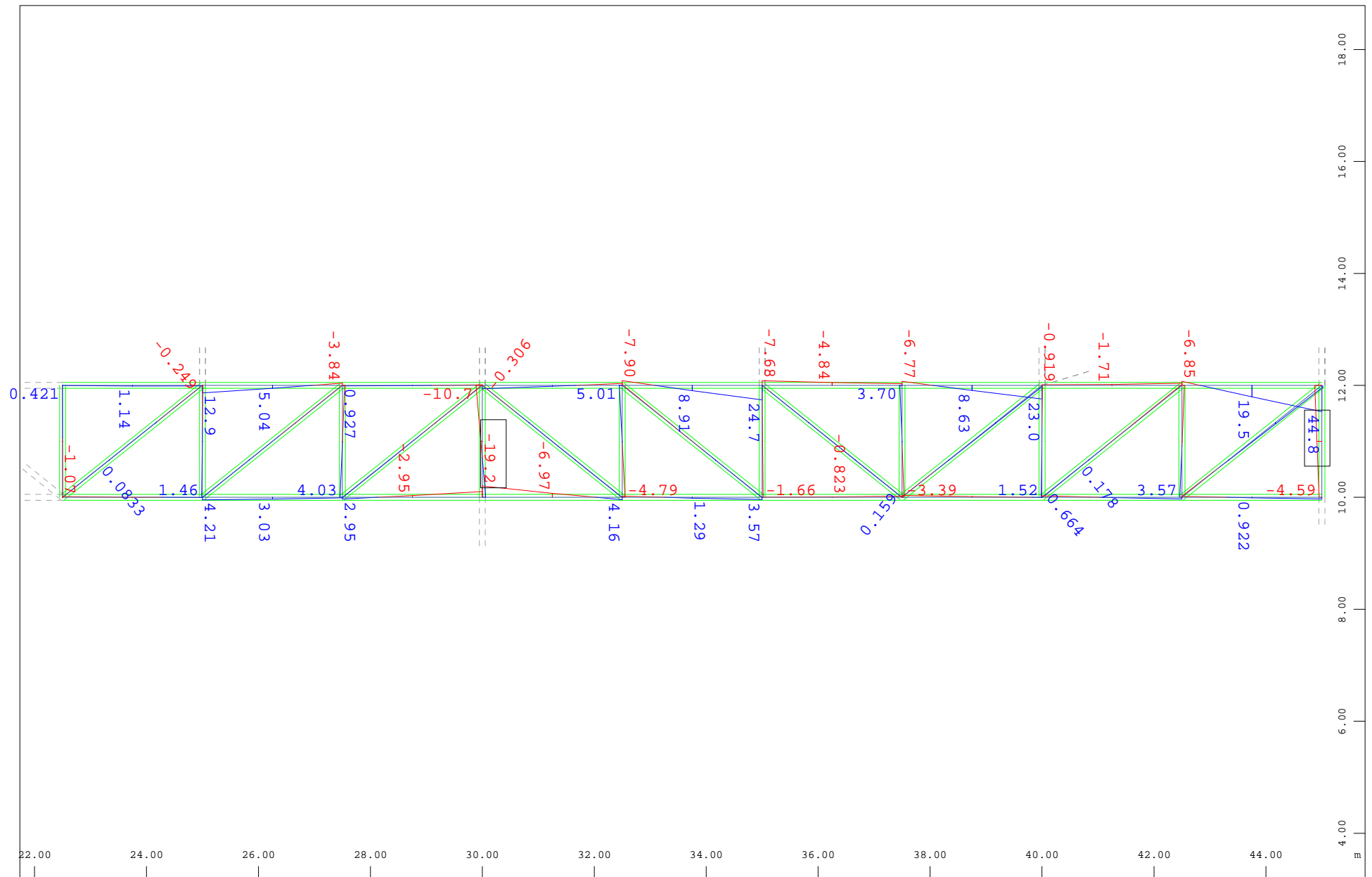


z  
x-y

Sector of system Beam Elements Group 101...105

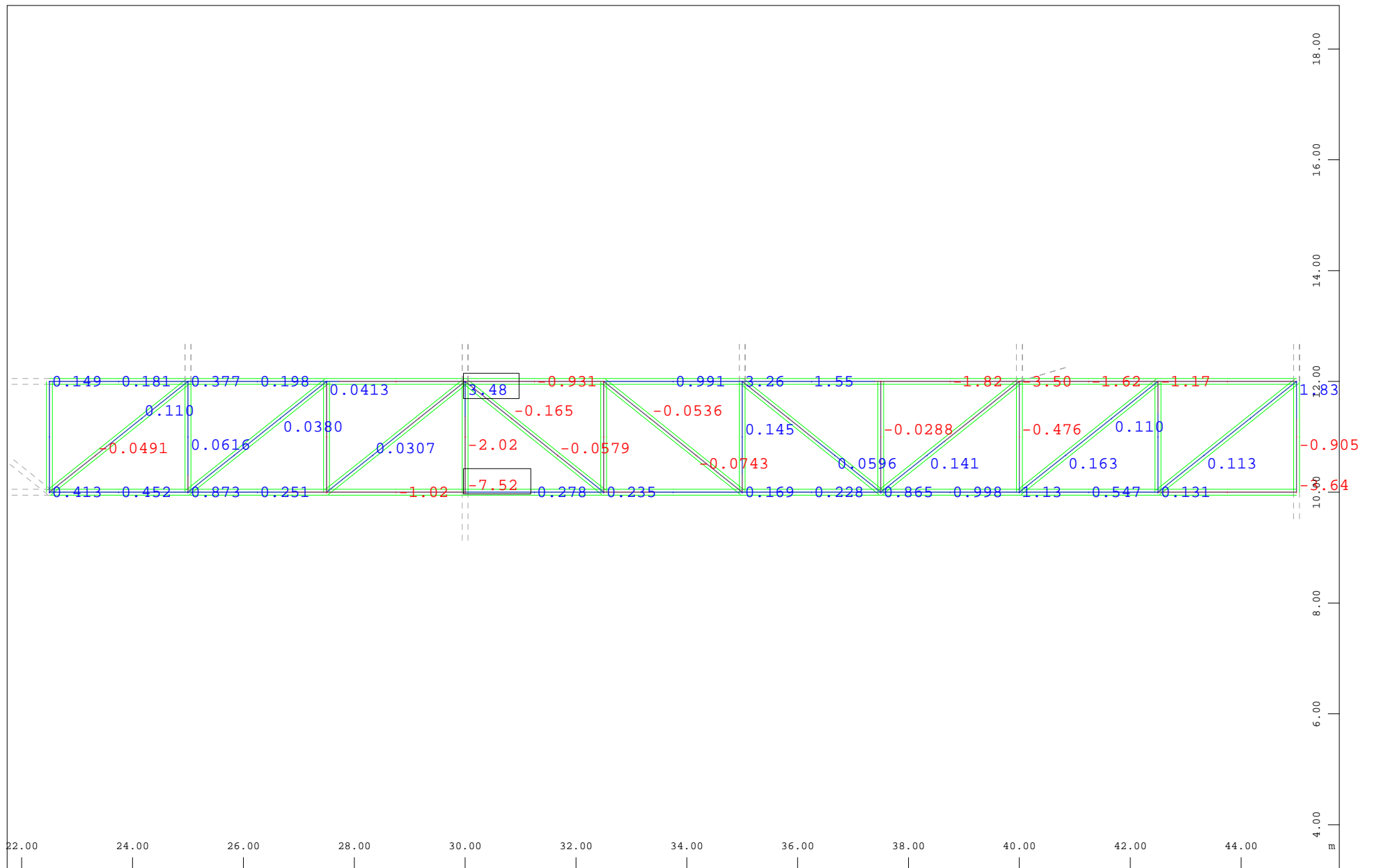
Beam Elements , Torsional moment Mt, Loadcase 109122 MIN-N BEAM Forces in Beam Elemen , 1 cm 3D = 0.0180 kNm (Min=-0.0174) (Max=0.0070)

M 1 : 95



Sector of system Beam Elements Group 101...105  
 Beam Elements , Bending moment  $M_y$ , Loadcase 109122 MIN-N BEAM Forces in Beam Element , 1 cm 3D = 90.2 kNm (Min=-19.2) (Max=44.8)

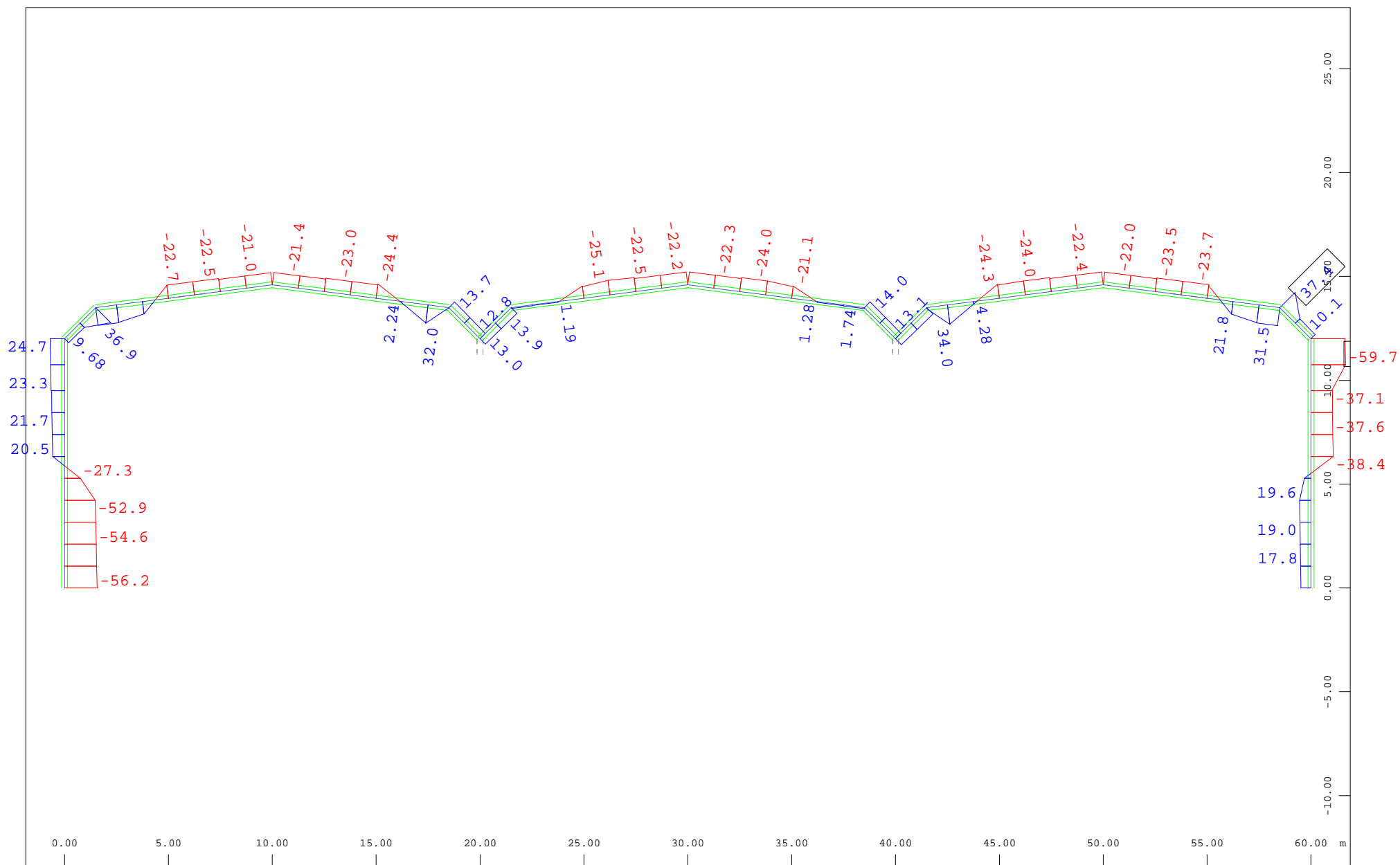




Sector of system Beam Elements Group 101...105

M 1 : 95

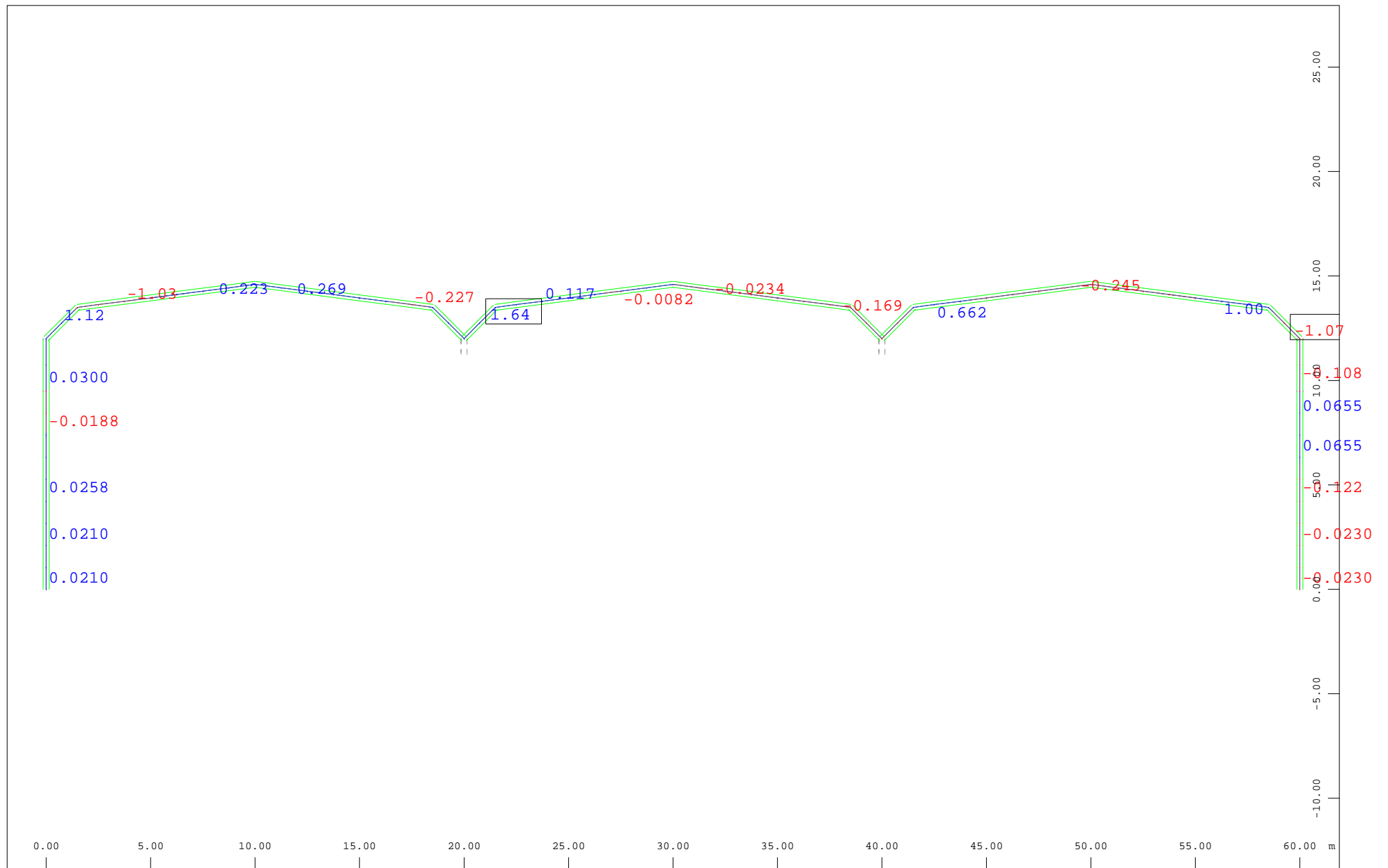
Beam Elements , Bending moment  $M_z$ , Loadcase 109122 MIN-N BEAM Forces in Beam Element , 1 cm 3D = 9.02 kNm (Min=-7.52) (Max=3.48)



Sector of system Beam Elements Group 4 6 110

Beam Elements , Normal force  $N_x$ , Loadcase 109129 MAX-MY BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 90.2 kN (Min=-59.7) (Max=37.4)

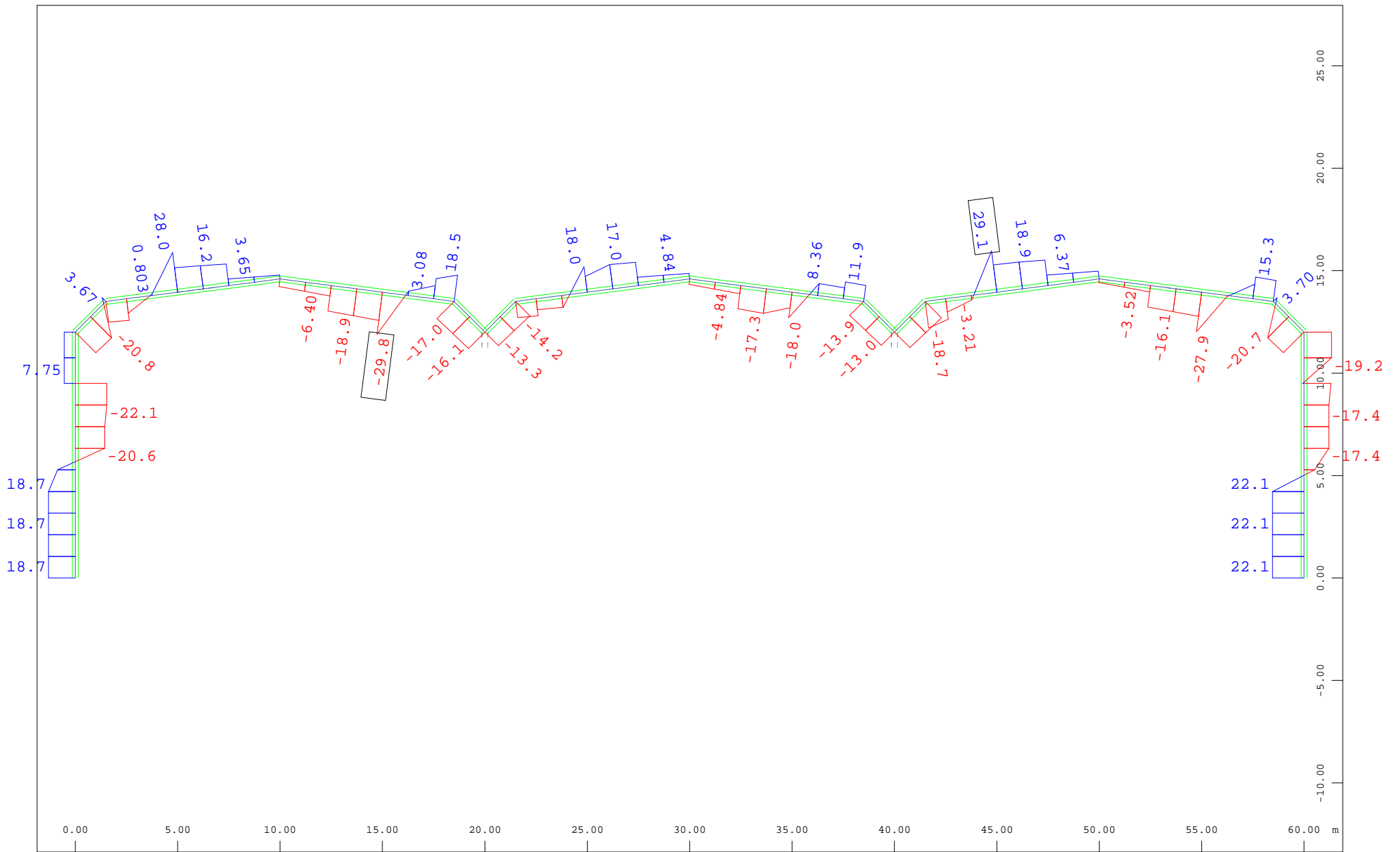
M 1 : 252



Sector of system Beam Elements Group 4 6 110

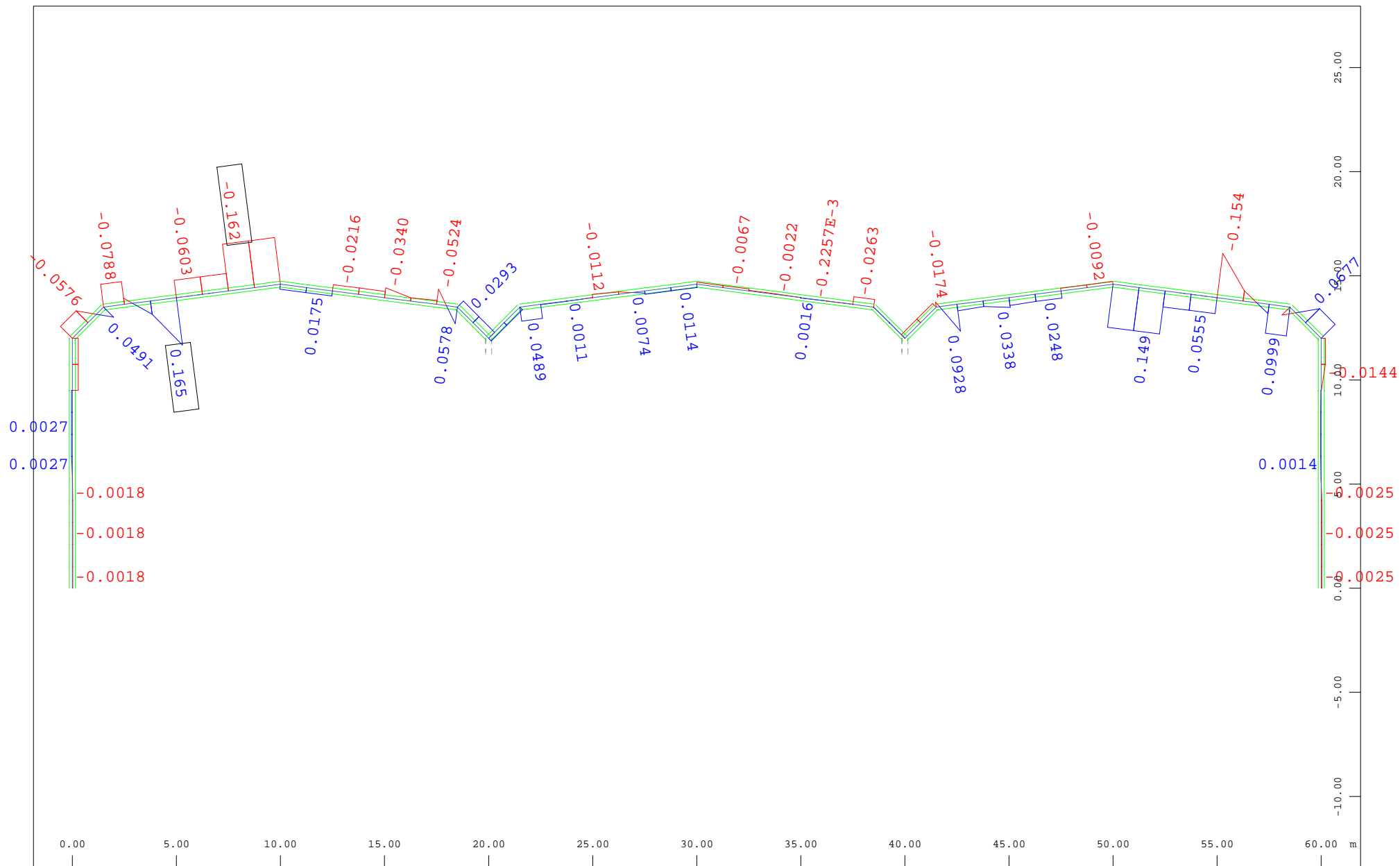
M 1 : 252

Beam Elements , Shear force  $V_y$ , Loadcase 109129 MAX-MY BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 1.80 kN (Min=-1.07) (Max=1.64)



Sector of system Beam Elements Group 4 6 110  
 Beam Elements , Shear force  $V_z$ , Loadcase 109129 MAX-MY BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 36.1 kN (Min=-29.8) (Max=29.1)

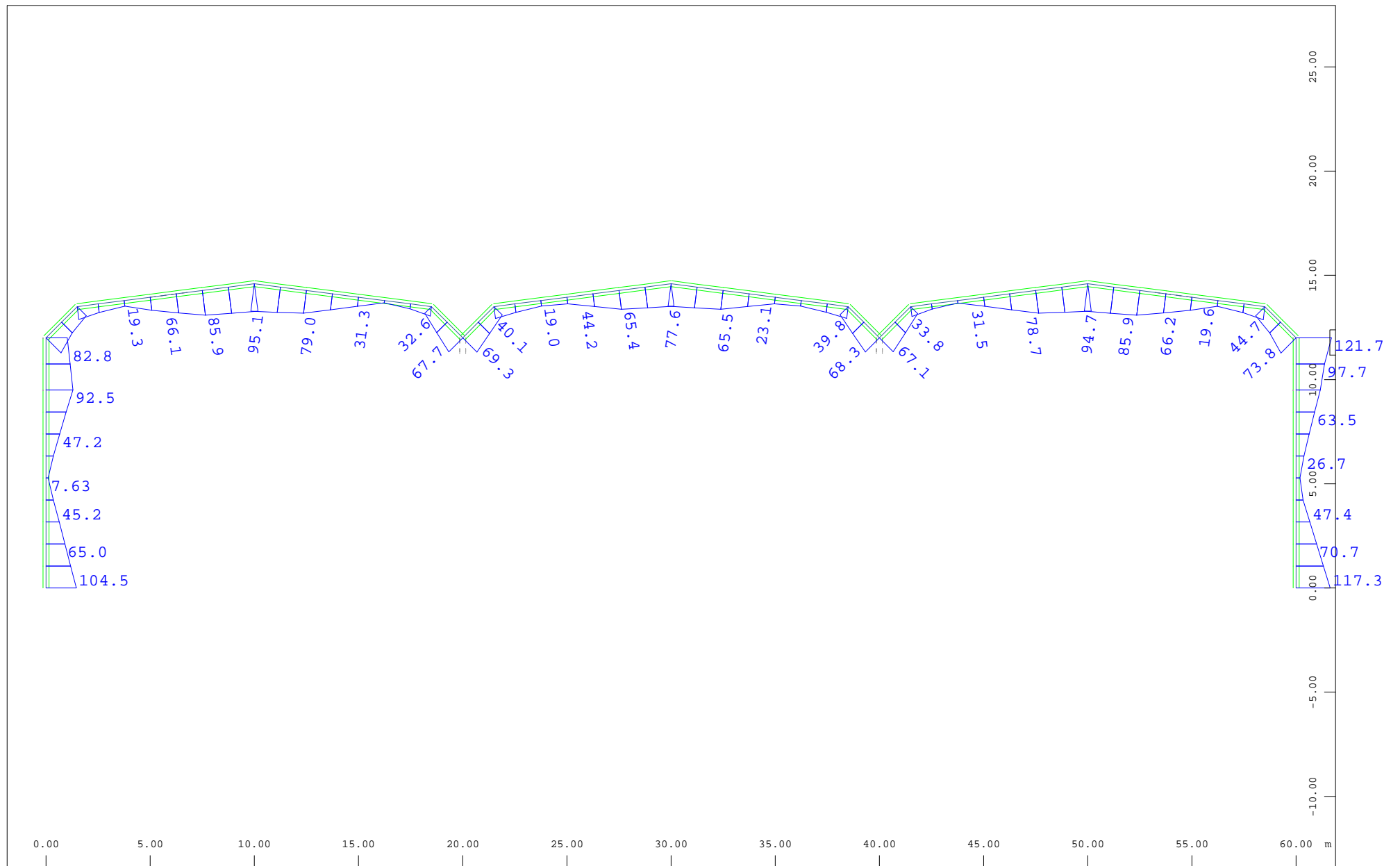
M 1 : 252



Sector of system Beam Elements Group 4 6 110

Beam Elements , Torsional moment Mt, Loadcase 109129 MAX-MY BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 0.180 kNm (Min=-0.162) (Max=0.165)

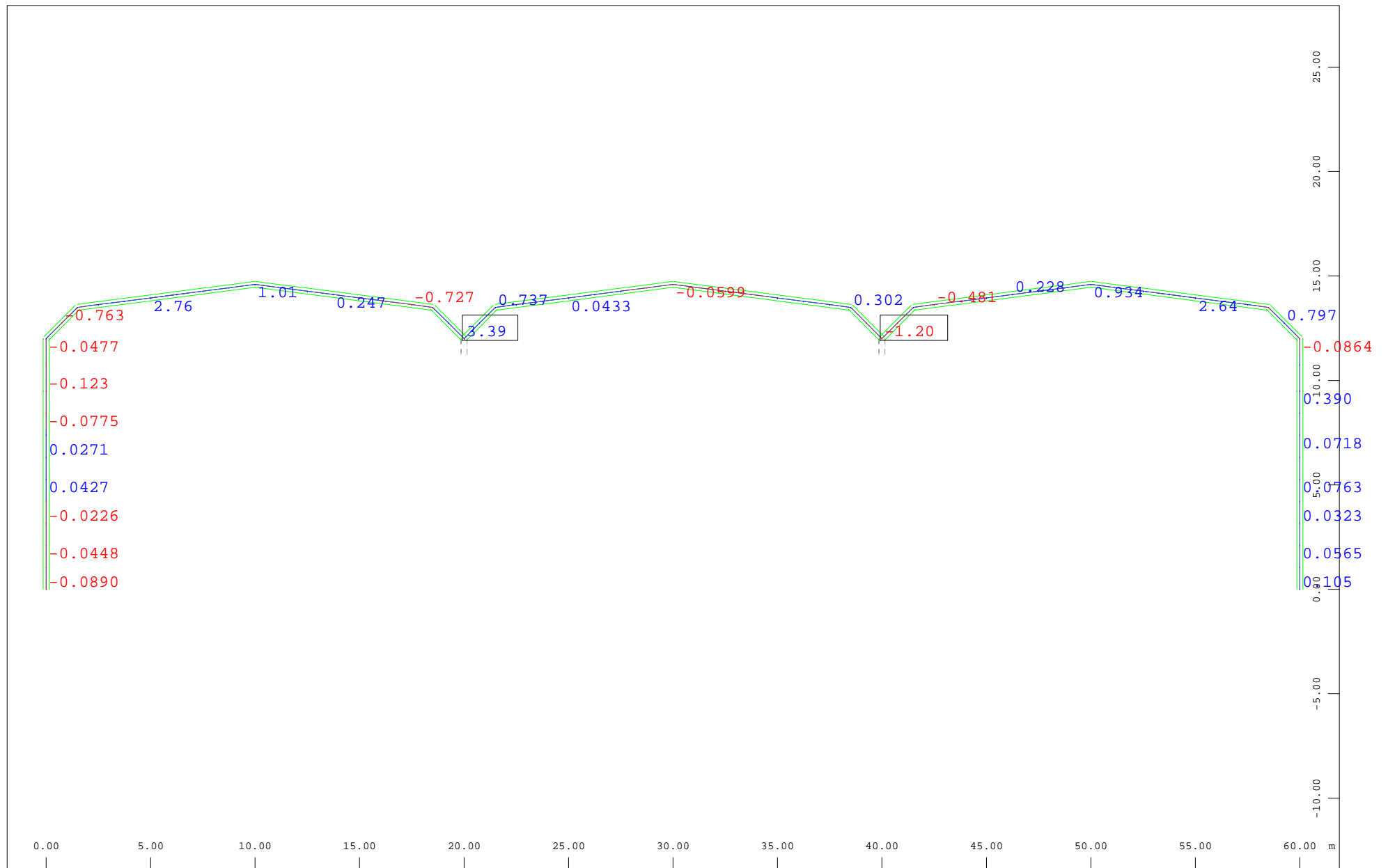
M 1 : 252



Sector of system Beam Elements Group 4 6 110

Beam Elements , Bending moment  $M_y$ , Loadcase 109129 MAX-MY BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 180.5 kNm (Max=121.7)

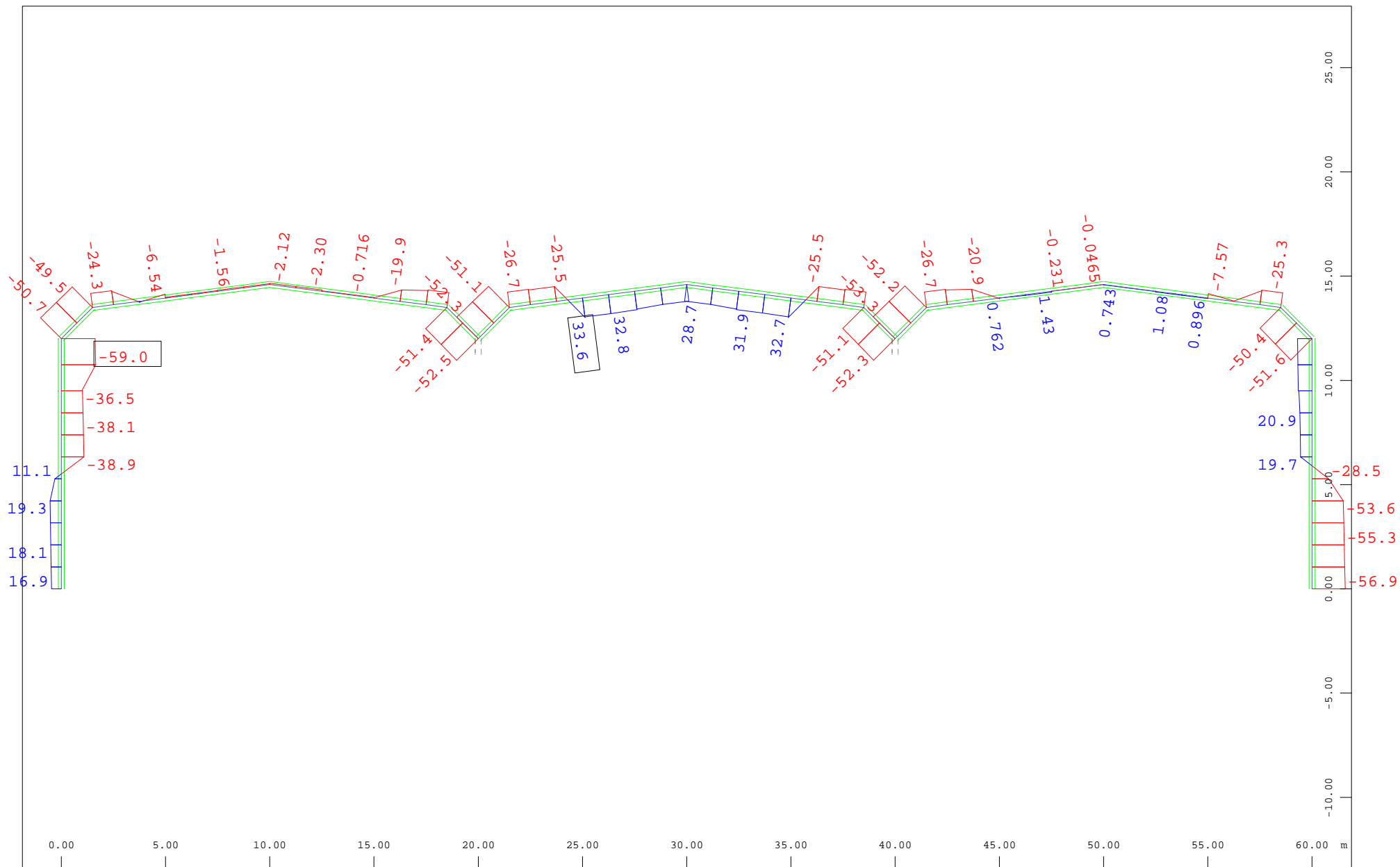
M 1 : 252



Sector of system Beam Elements Group 4 6 110

M 1 : 252

Beam Elements , Bending moment  $M_z$ , Loadcase 109129 MAX-MY BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 3.61 kNm (Min=-1.20) (Max=3.39)

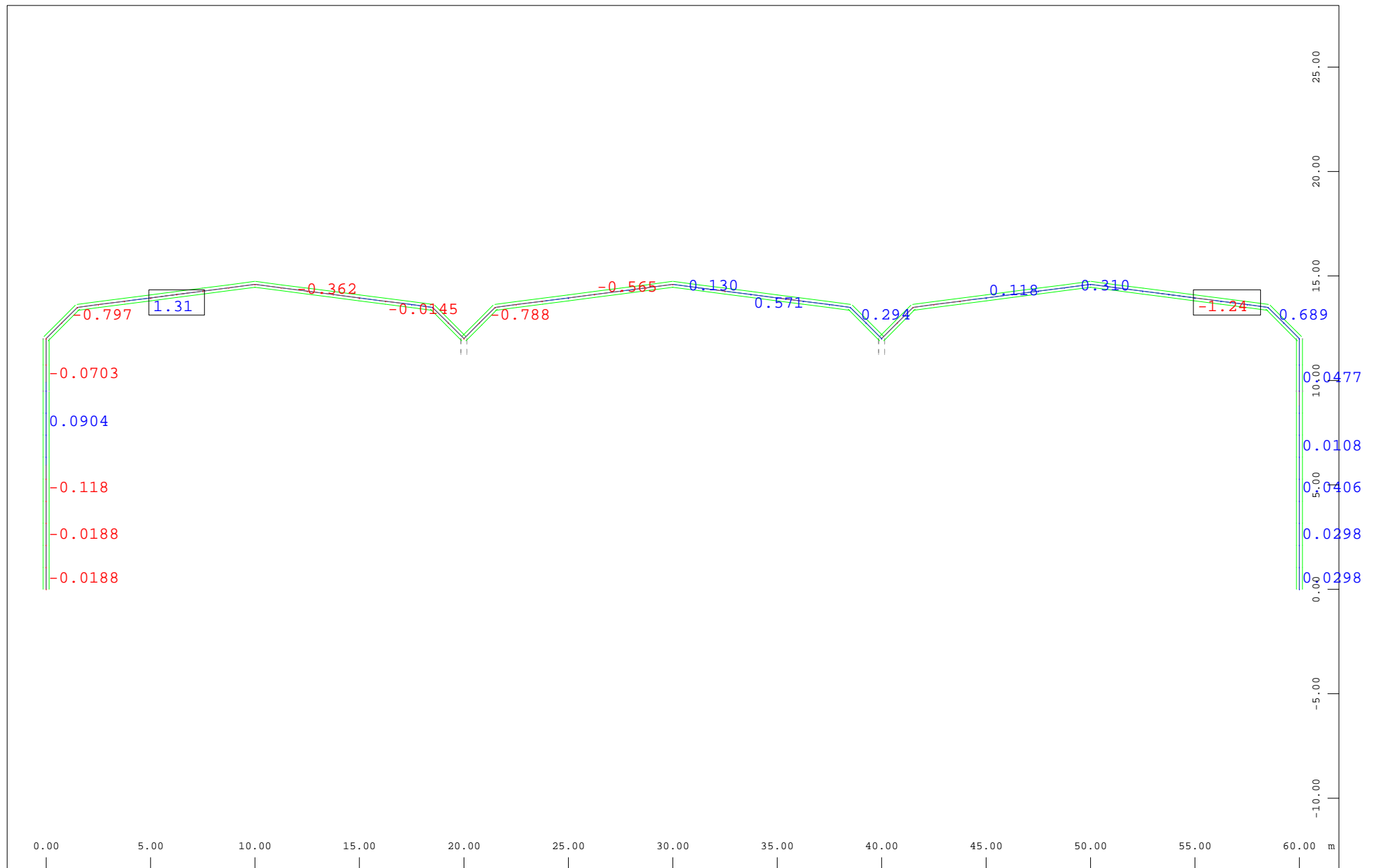


Sector of system Beam Elements Group 4 6 110

Beam Elements , Normal force  $N_x$ , Loadcase 109130 MIN-MY BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 90.2 kN (Min=-59.0) (Max=33.6)

M 1 : 252

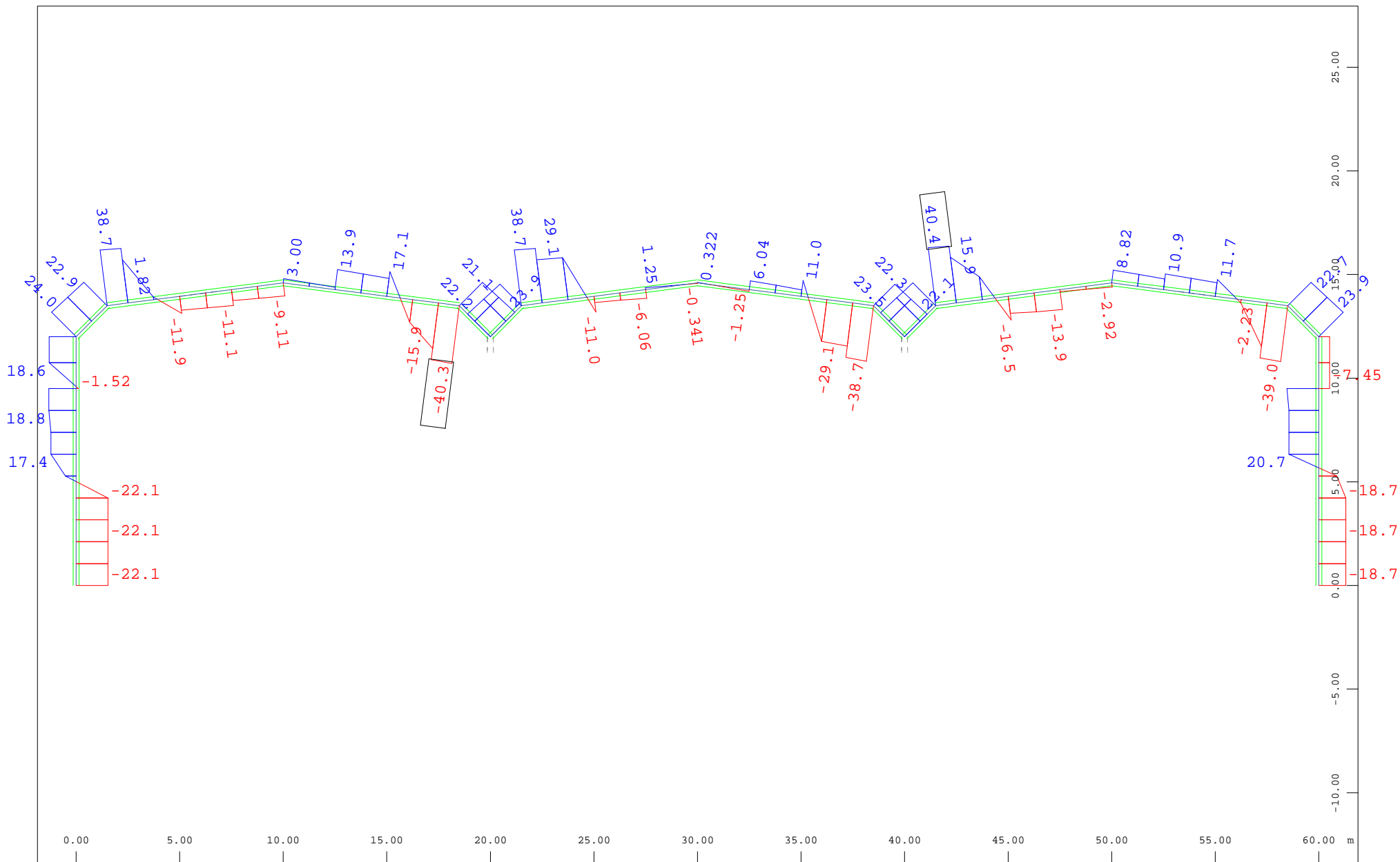




Sector of system Beam Elements Group 4 6 110

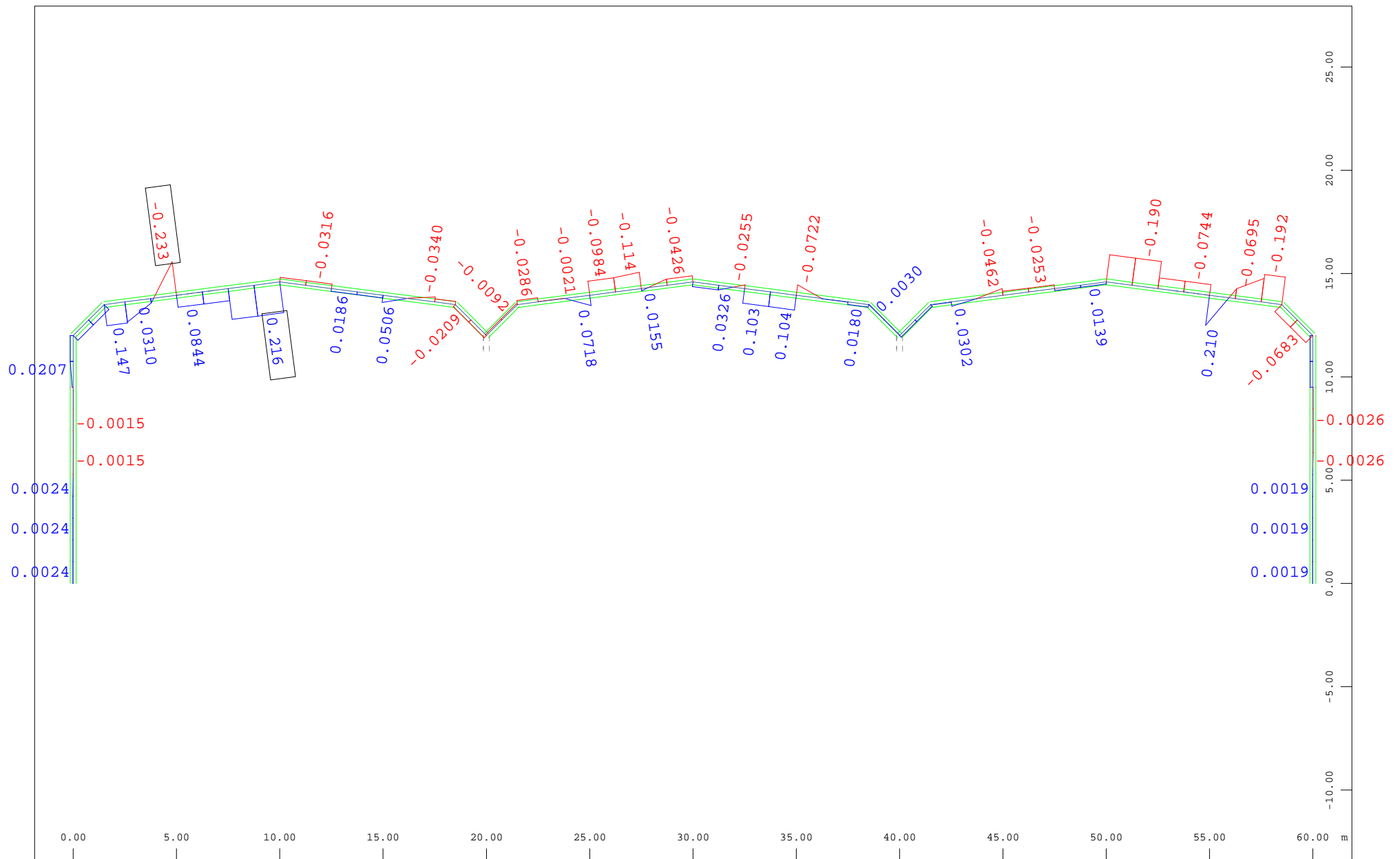
M 1 : 252

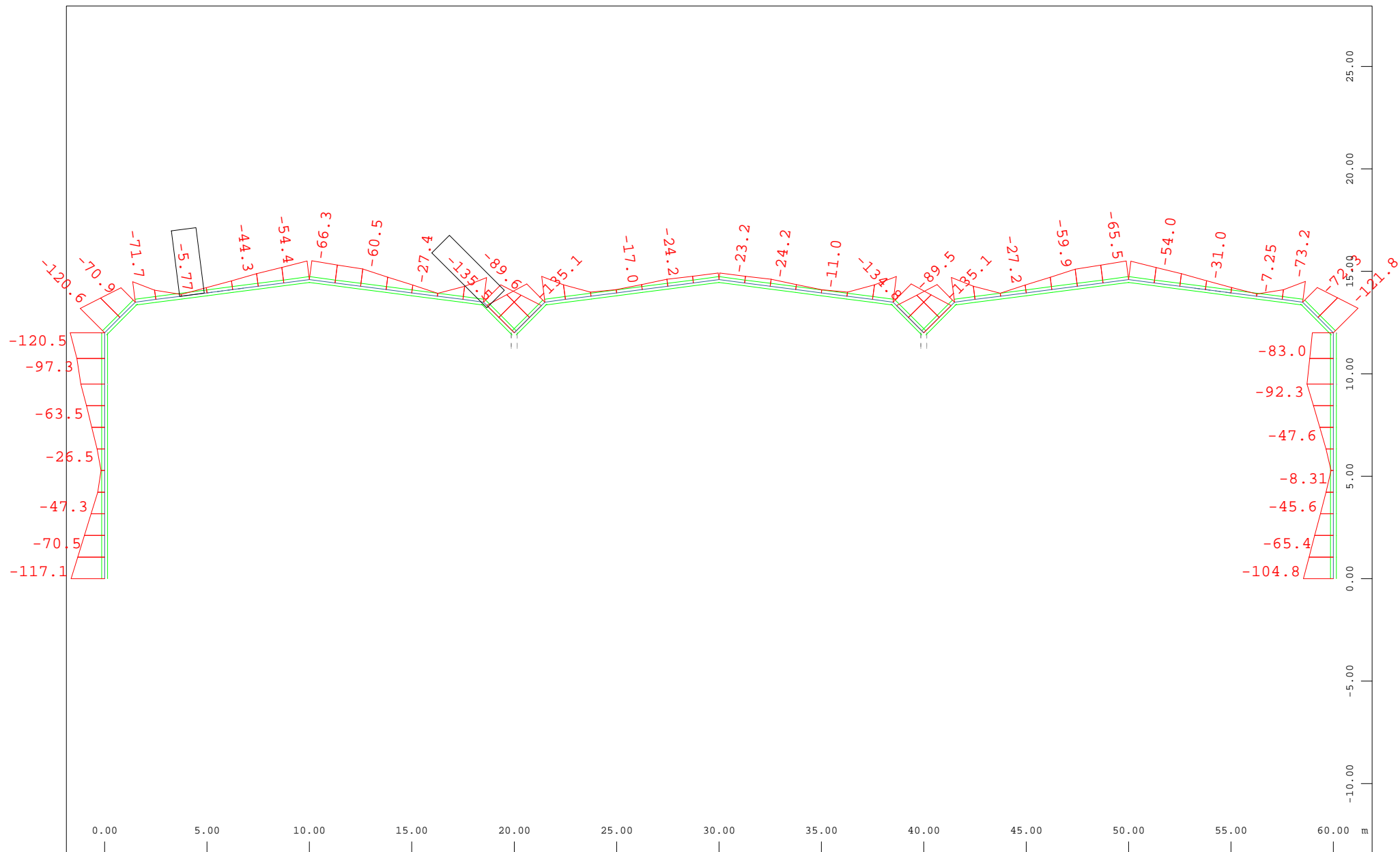
Beam Elements , Shear force  $V_y$ , Loadcase 109130 MIN-MY BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 1.80 kN (Min=-1.24) (Max=1.31)



Sector of system Beam Elements Group 4 6 110  
 Beam Elements , Shear force  $V_z$ , Loadcase 109130 MIN-MY BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 36.1 kN (Min=-40.3) (Max=40.4)

M 1 : 252

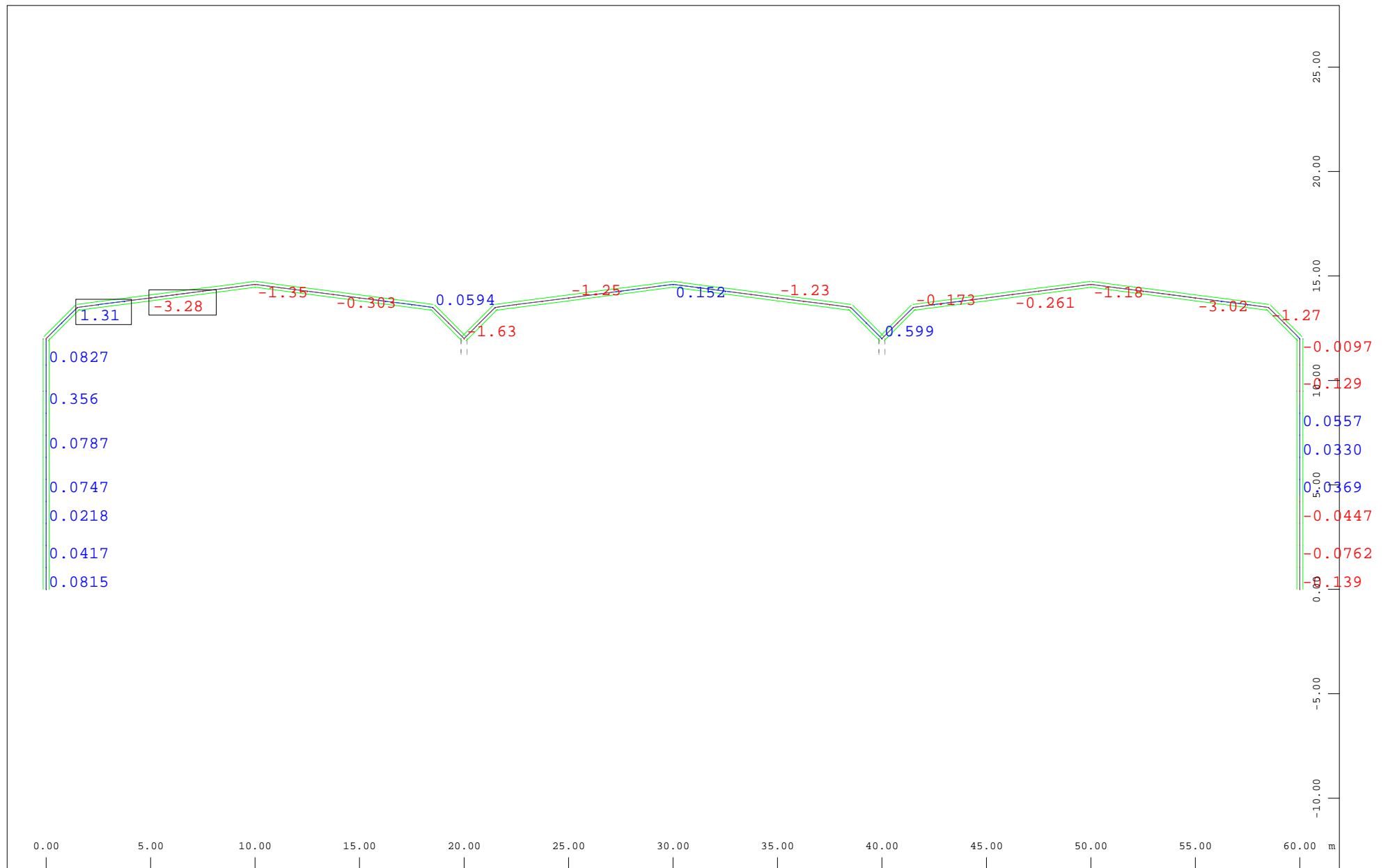




Sector of system Beam Elements Group 4 6 110

Beam Elements , Bending moment  $M_y$ , Loadcase 109130 MIN-MY BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 180.5 kNm (Min=-135.5) (Max=-5.77)

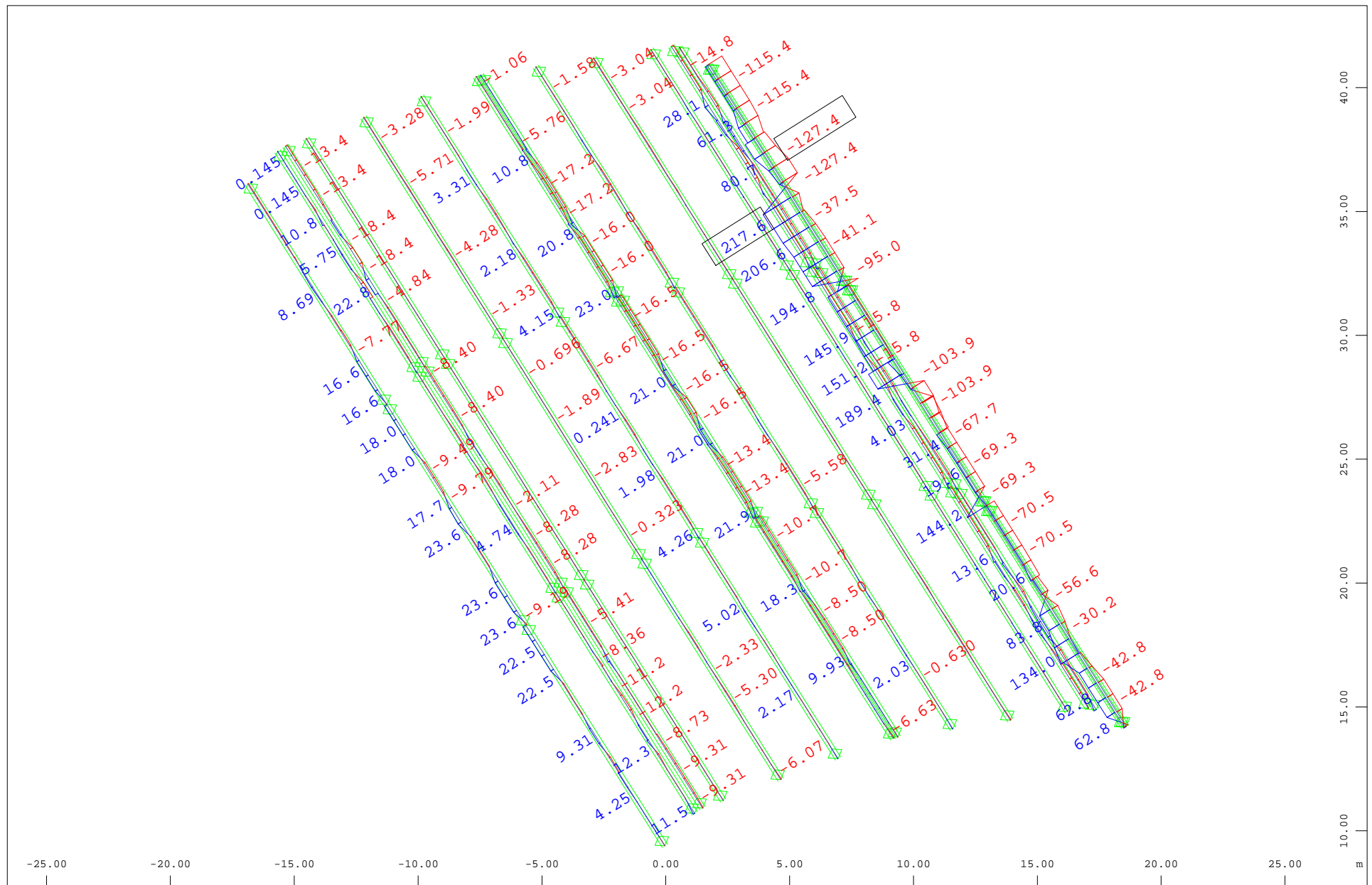
M 1 : 252



Sector of system Beam Elements Group 4 6 110

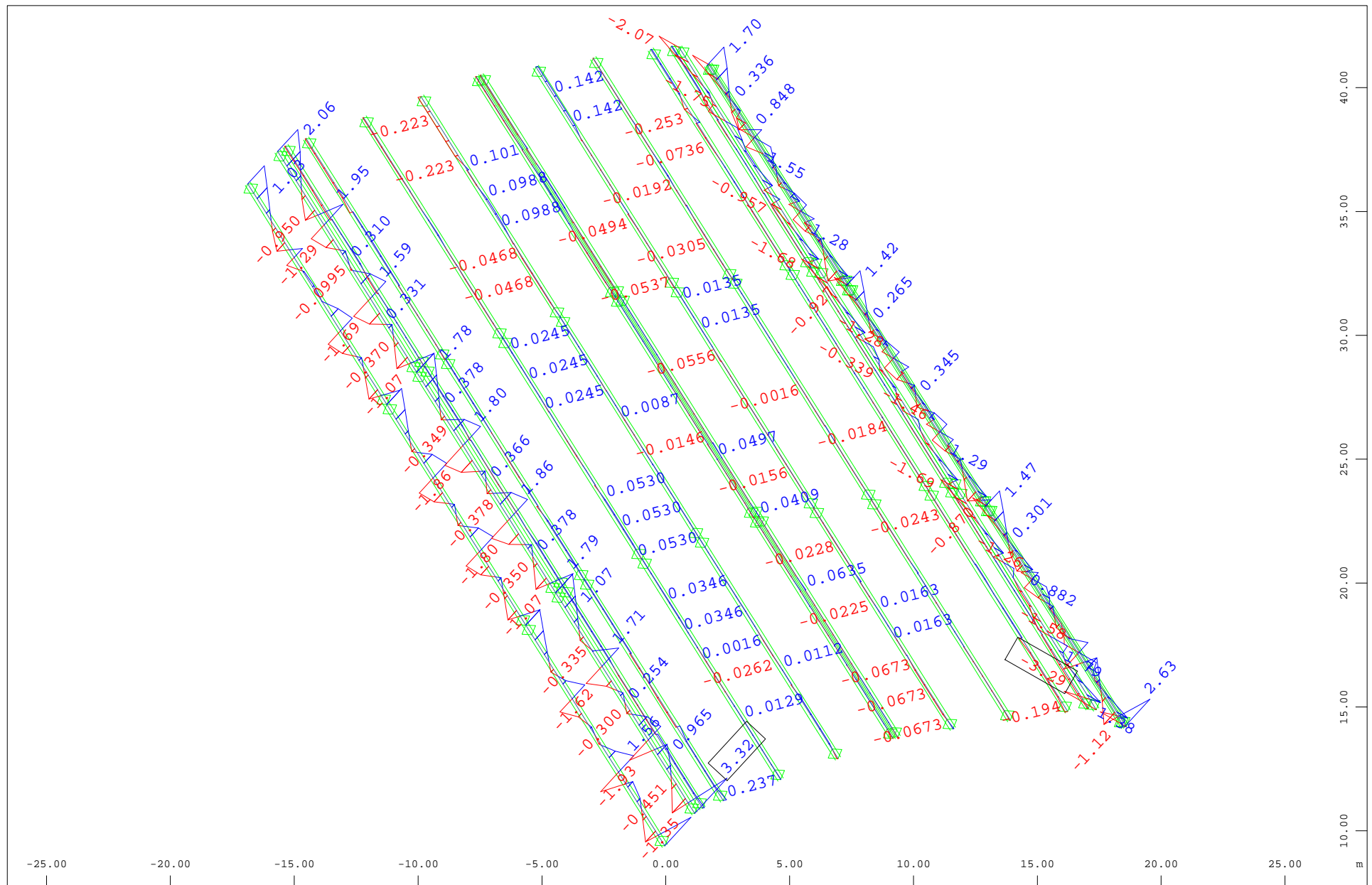
Beam Elements , Bending moment  $M_z$ , Loadcase 109130 MIN-MY BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 3.61 kNm (Min=-3.28) (Max=1.31)

M 1 : 252



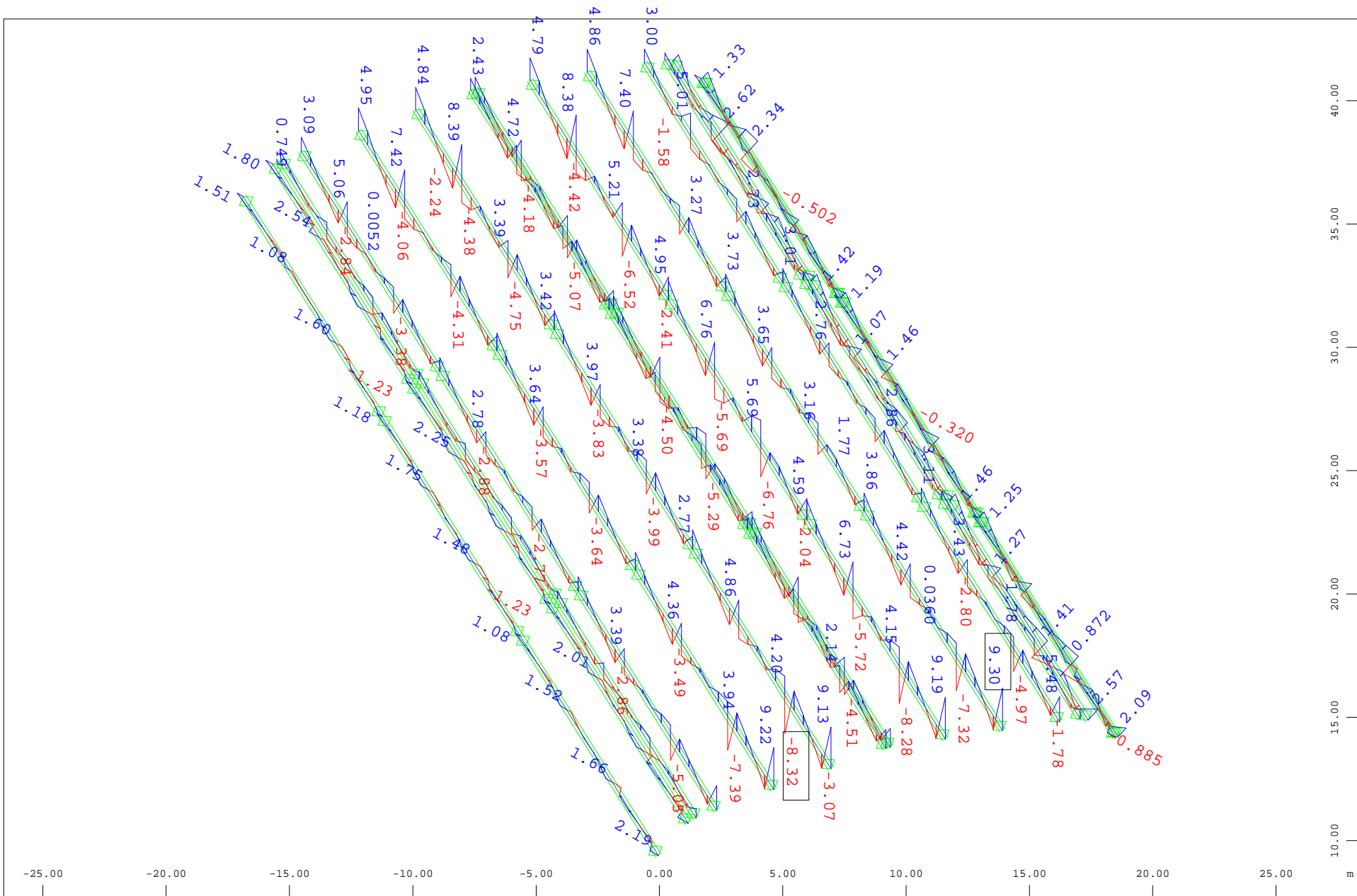
Sector of system Group 115  
 X Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 109129 MAX-MY BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 360.9 kN (Min=-127.4) (Max=217.6)

M 1 : 217  
 X \* 0.958  
 Y \* 0.702  
 Z \* 0.768



Sector of system Group 115  
 Beam Elements , Shear force Vy, Loadcase 109129 MAX-MY BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 3.61 kN (Min=-3.29) (Max=3.32)

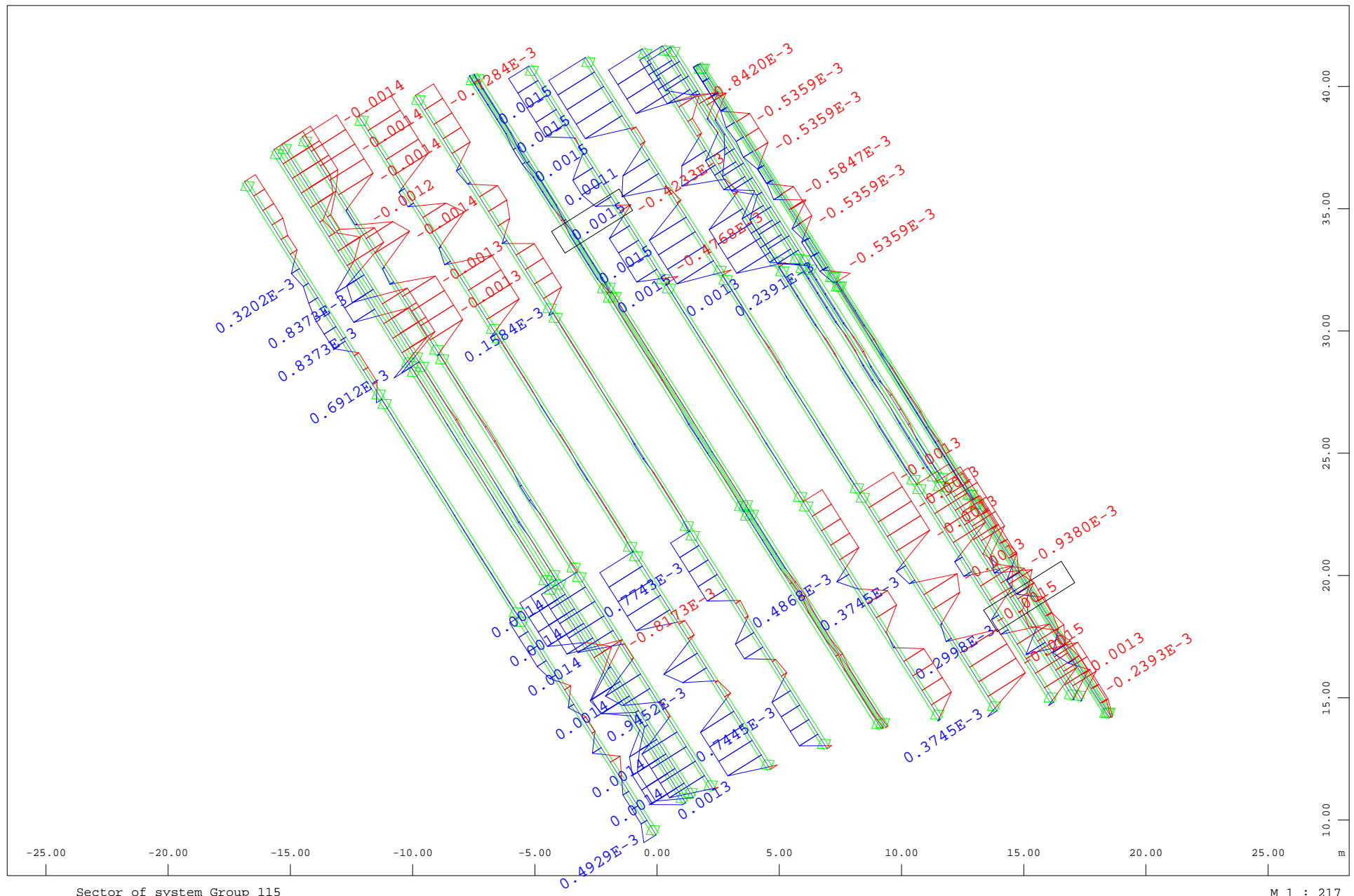
M 1 : 217  
 X \* 0.958  
 Y \* 0.702  
 Z \* 0.768

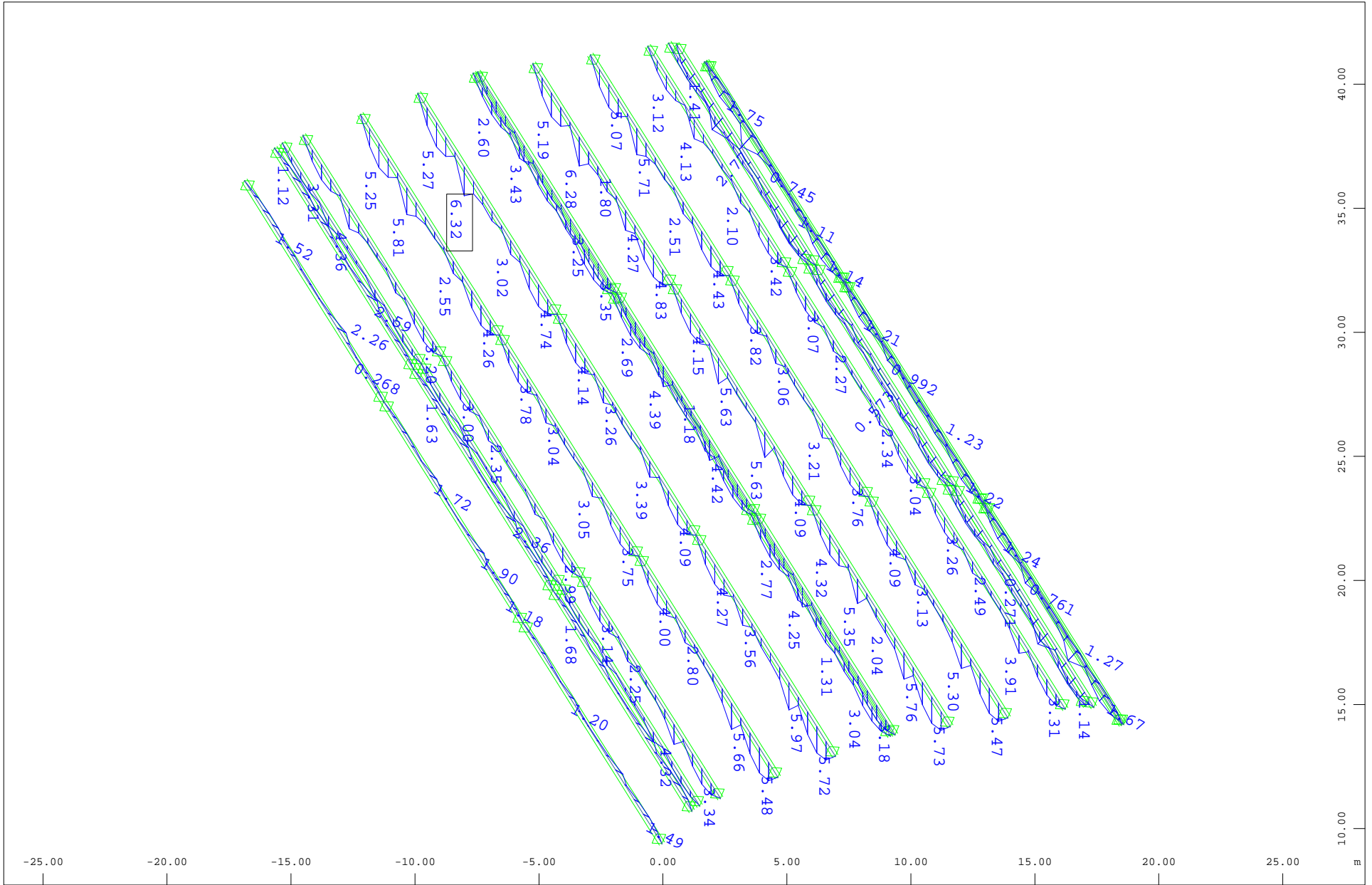


Sector of system Group 115  
 X Beam Elements , Shear force  $V_z$ , Loadcase 109129 MAX-MY BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 9.02 kN (Min=-8.32) (Max=9.30)

M 1 : 217  
 X \* 0.958  
 Y \* 0.702  
 Z \* 0.768

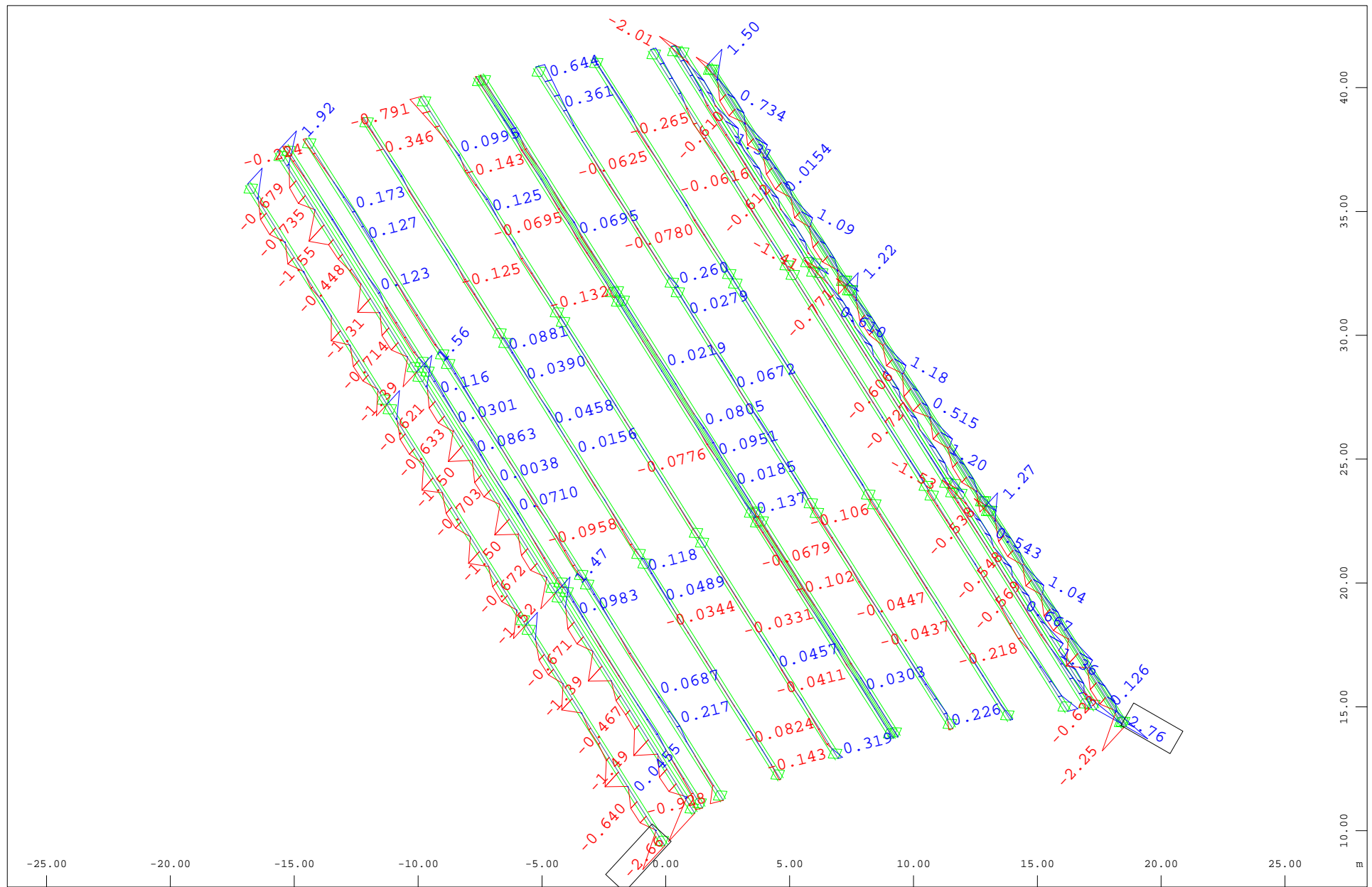






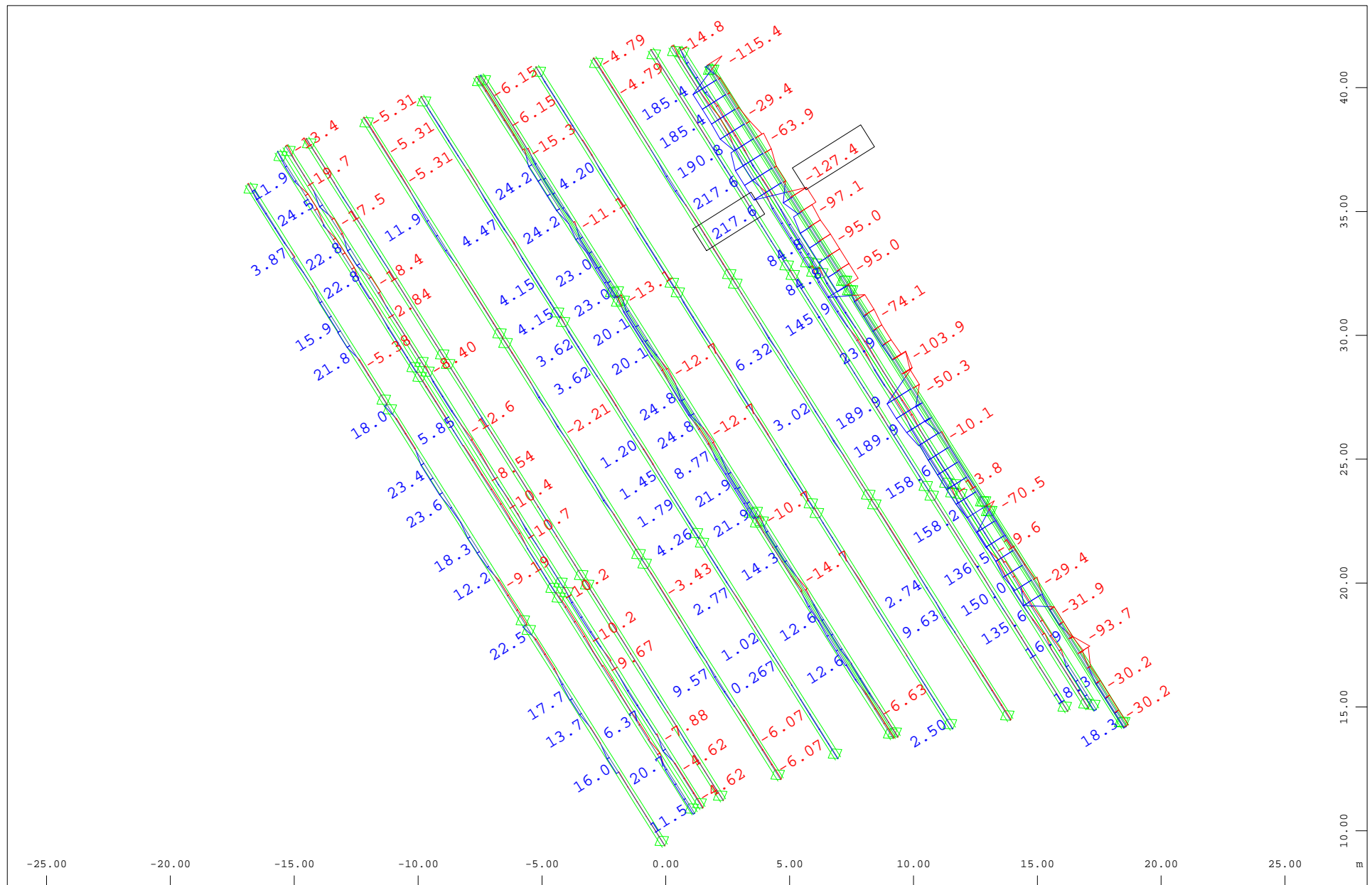
Sector of system Group 115  
X Beam Elements , Bending moment  $M_y$ , Loadcase 109129 MAX-MY BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 9.02 kNm (Min=-3.8858e-16) (Max=6.32)

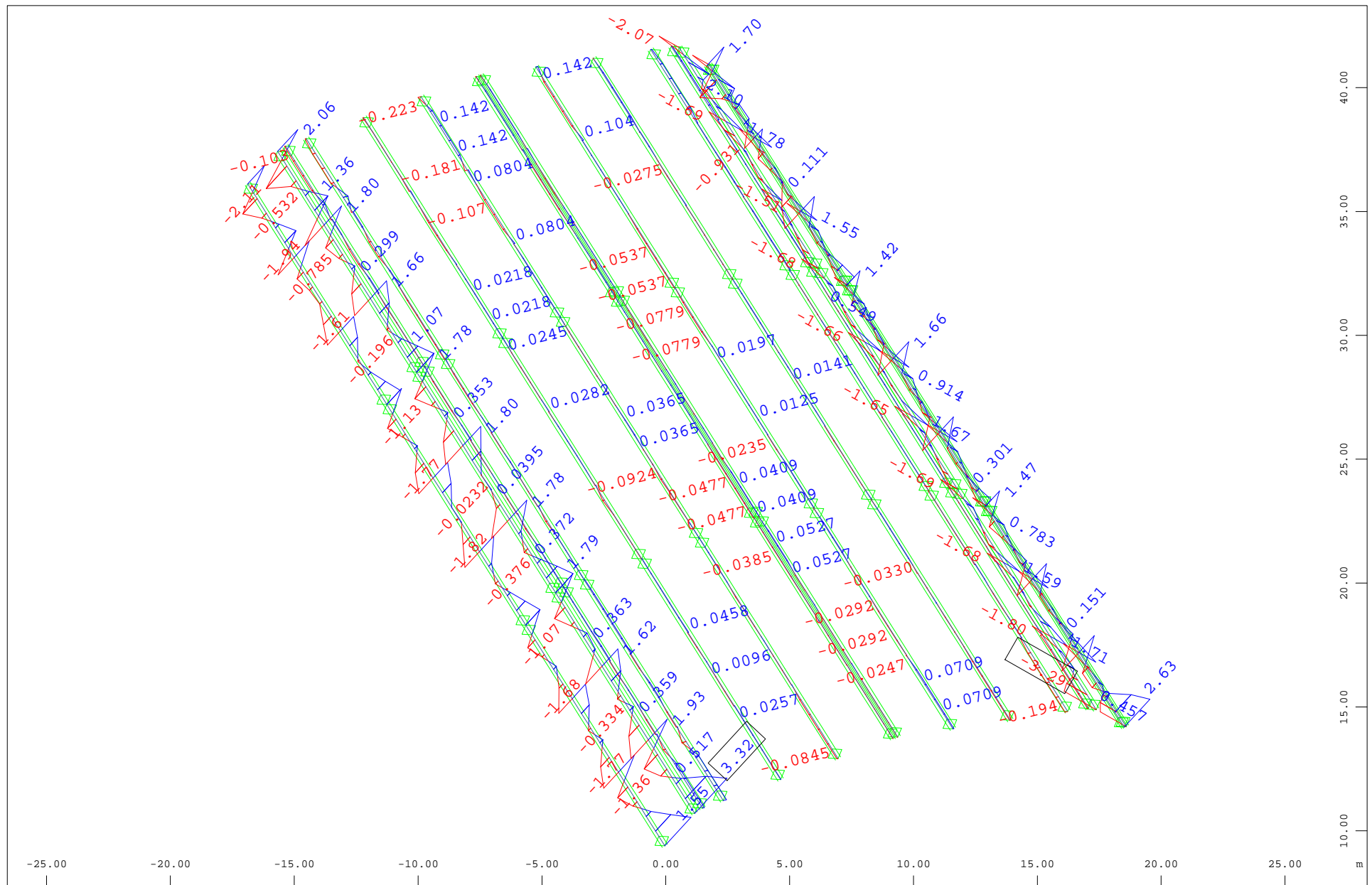
M 1 : 217  
X \* 0.958  
Y \* 0.702  
Z \* 0.768



Sector of system Group 115  
 Beam Elements , Bending moment Mz, Loadcase 109129 MAX-MY BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 3.61 kNm (Min=-2.66) (Max=2.76)

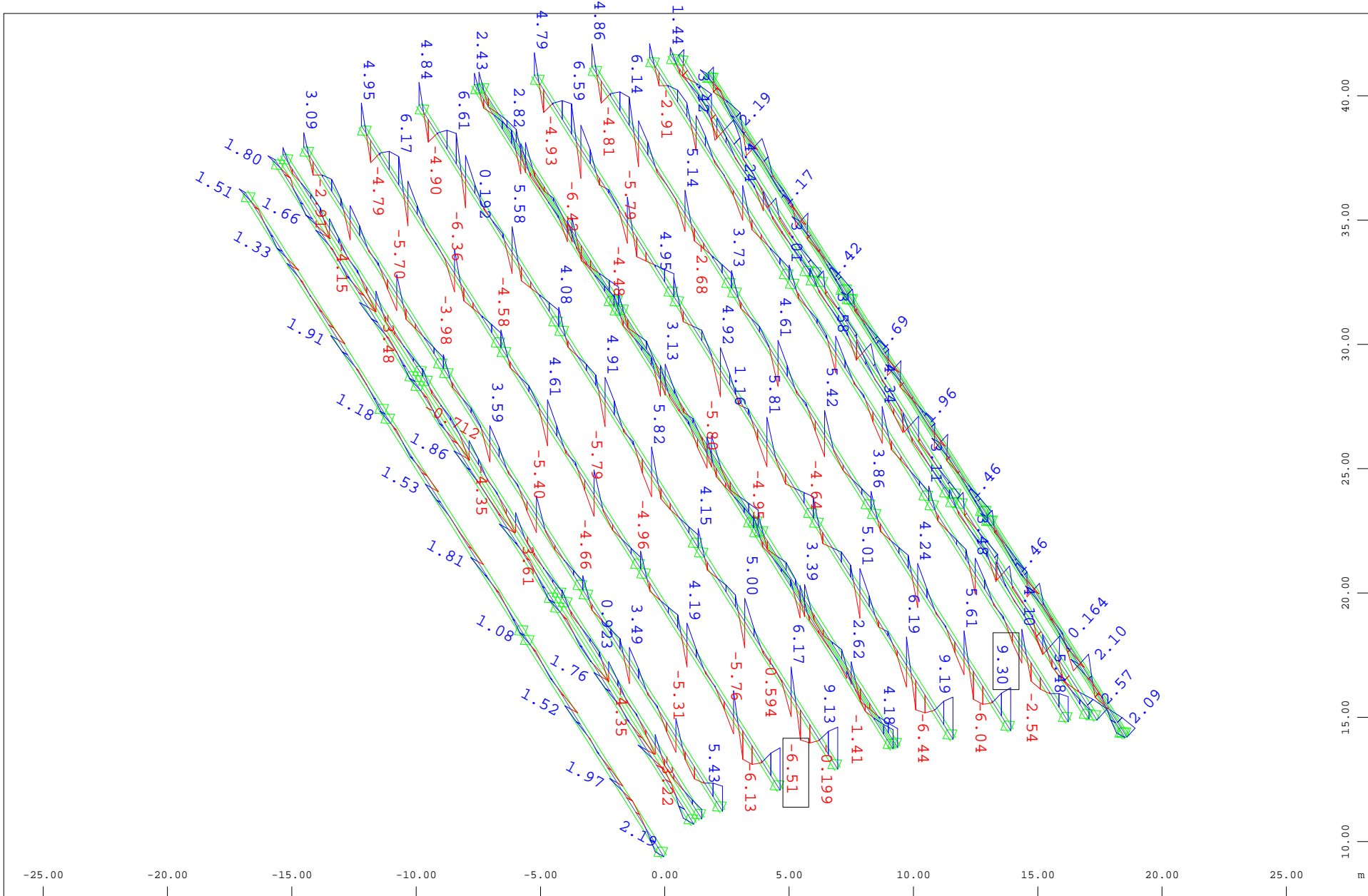
M 1 : 217  
 X \* 0.958  
 Y \* 0.702  
 Z \* 0.768





Sector of system Group 115  
 Beam Elements , Shear force  $V_y$ , Loadcase 109130 MIN-MY BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 3.61 kN (Min=-3.29) (Max=3.32)

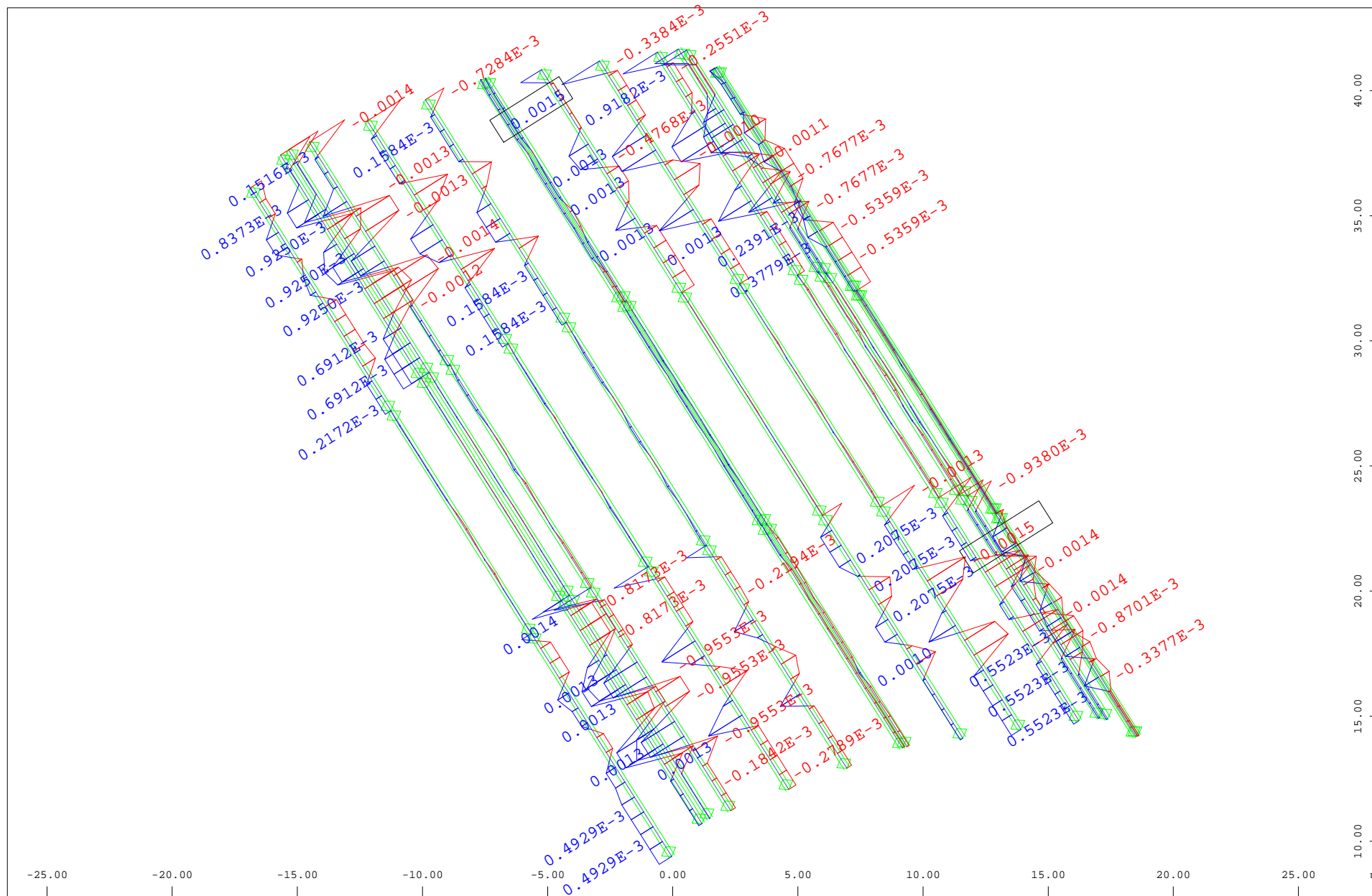
M 1 : 217  
 X \* 0.958  
 Y \* 0.702  
 Z \* 0.768



Sector of system Group 115  
 Beam Elements , Shear force  $V_z$ , Loadcase 109130 MIN-MY BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 9.02 kN (Min=-6.51) (Max=9.30)

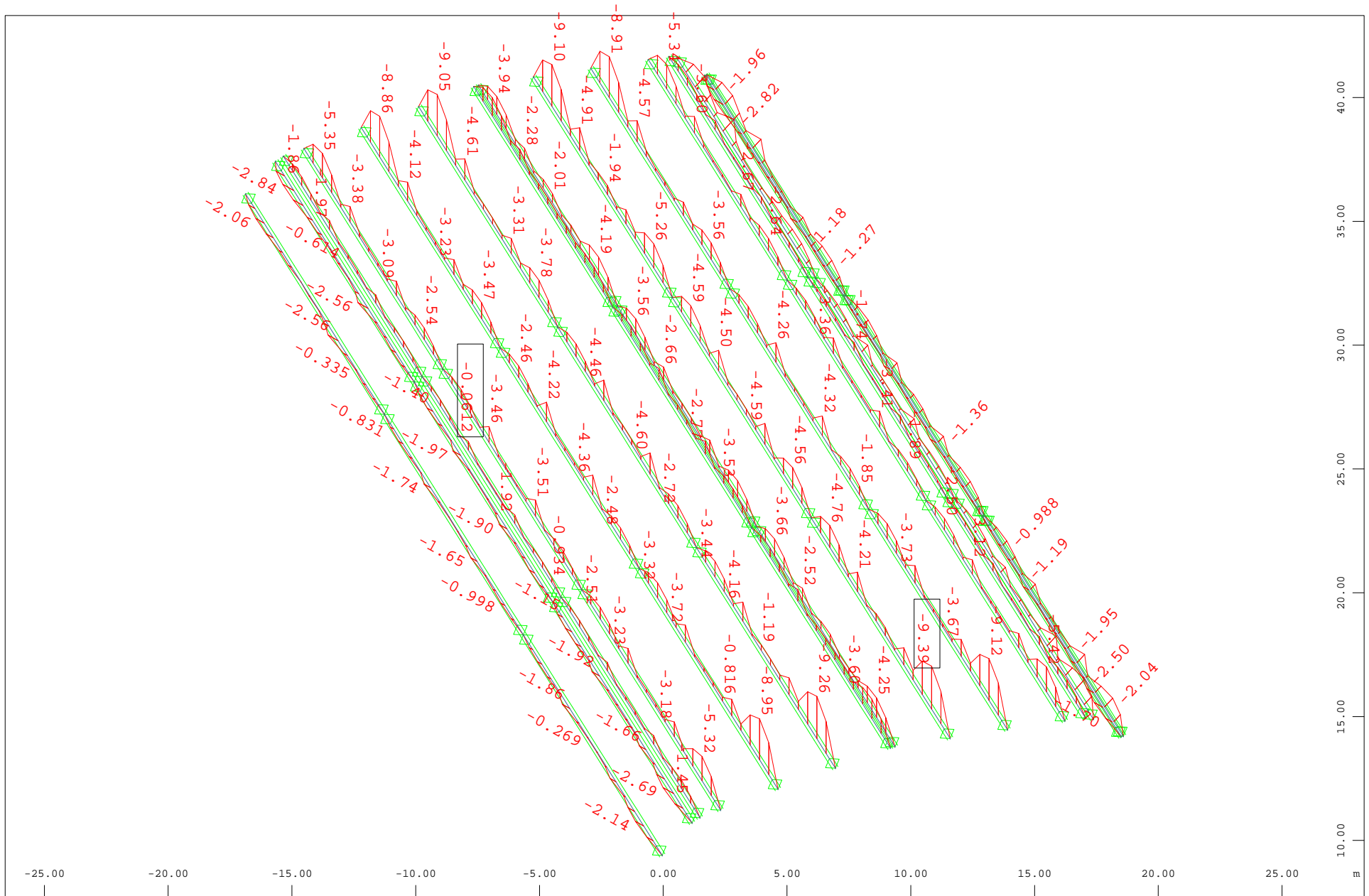
M 1 : 217  
 X \* 0.958  
 Y \* 0.702  
 Z \* 0.768





Sector of system Group 115  
 X Beam Elements , Torsional moment Mt, Loadcase 109130 MIN-MY BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 0.0018 kNm (Min=-0.0015) (Max=0.0015)

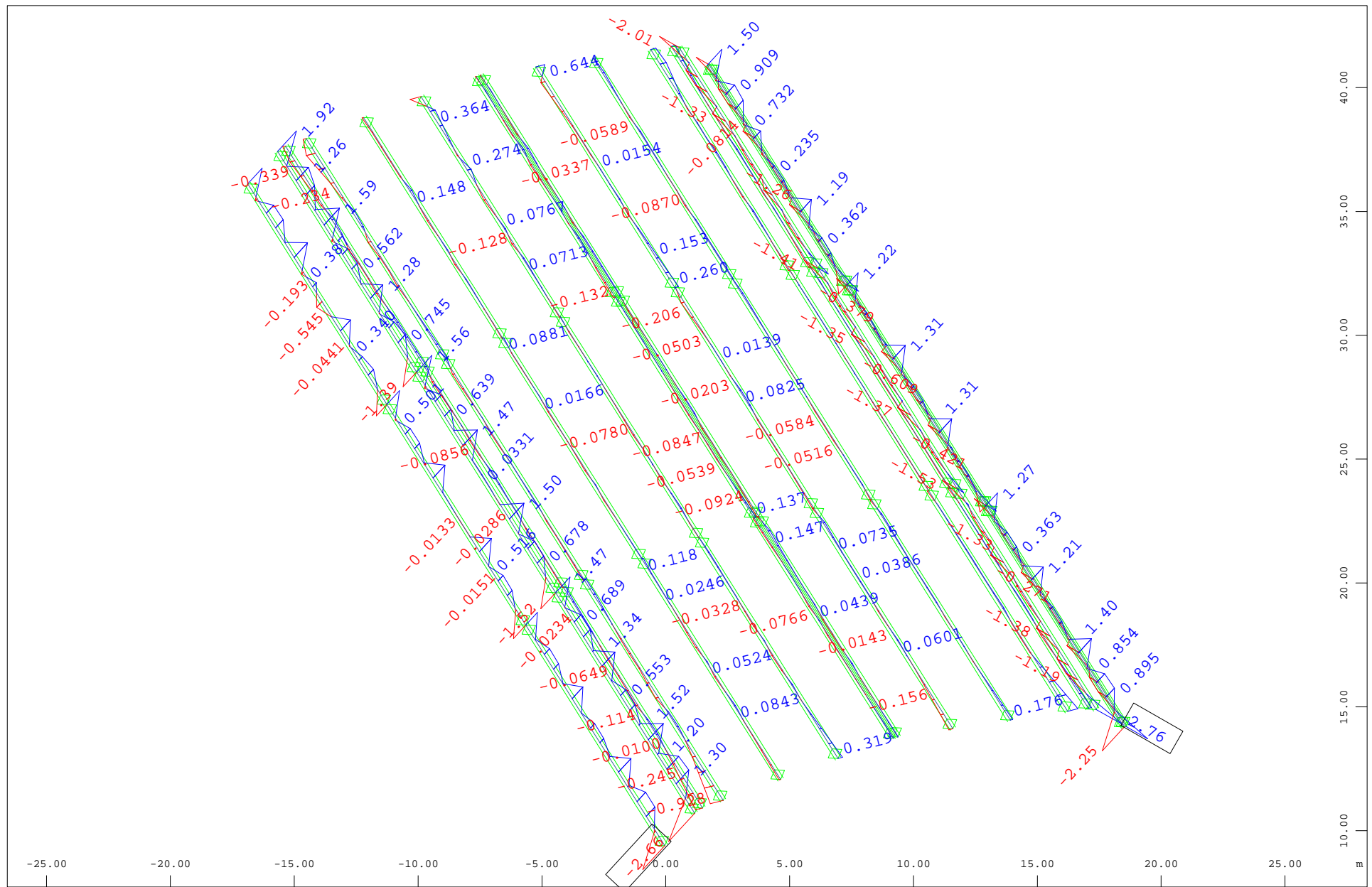
M 1 : 217  
 X \* 0.958  
 Y \* 0.702  
 Z \* 0.768



Sector of system Group 115  
 X Beam Elements , Bending moment  $M_y$ , Loadcase 109130 MIN-MY BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 9.02 kNm (Min=-9.39) (Max= 3.0531e-16)

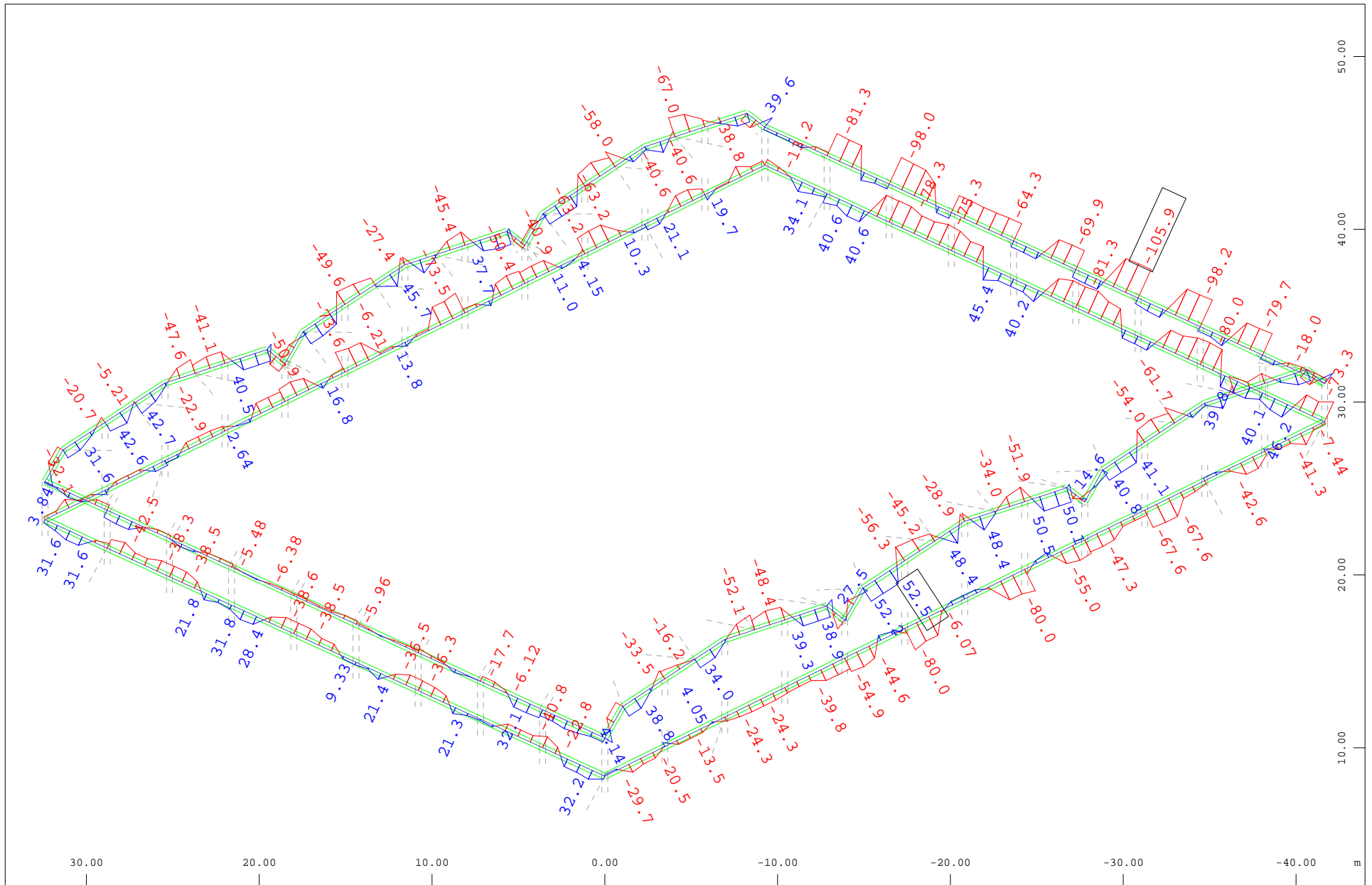
M 1 : 217  
 X \* 0.958  
 Y \* 0.702  
 Z \* 0.768





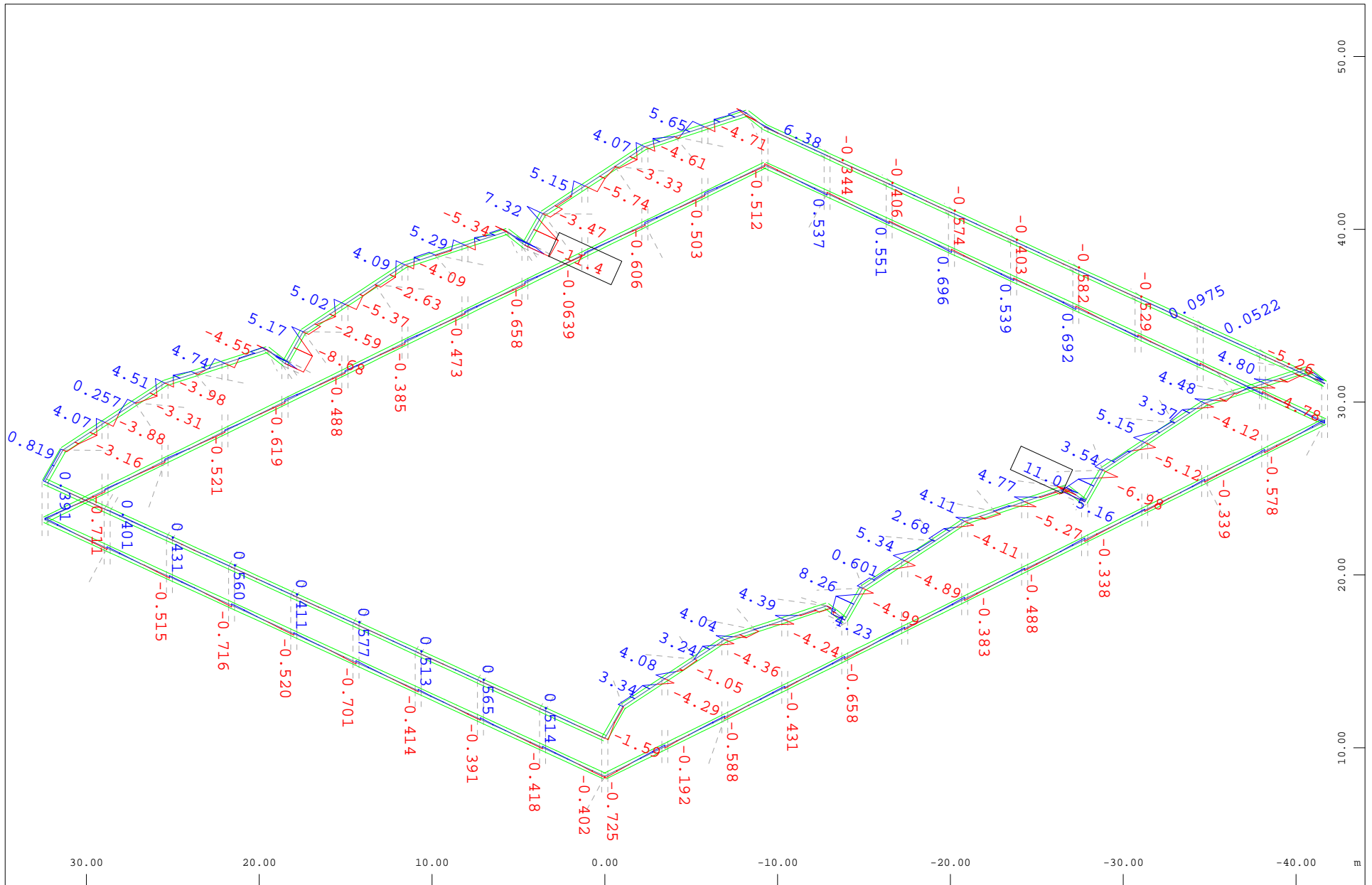
Sector of system Group 115  
 Beam Elements , Bending moment  $M_z$ , Loadcase 109130 MIN-MY BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 3.61 kNm (Min=-2.66) (Max=2.76)

M 1 : 217  
 X \* 0.958  
 Y \* 0.702  
 Z \* 0.768



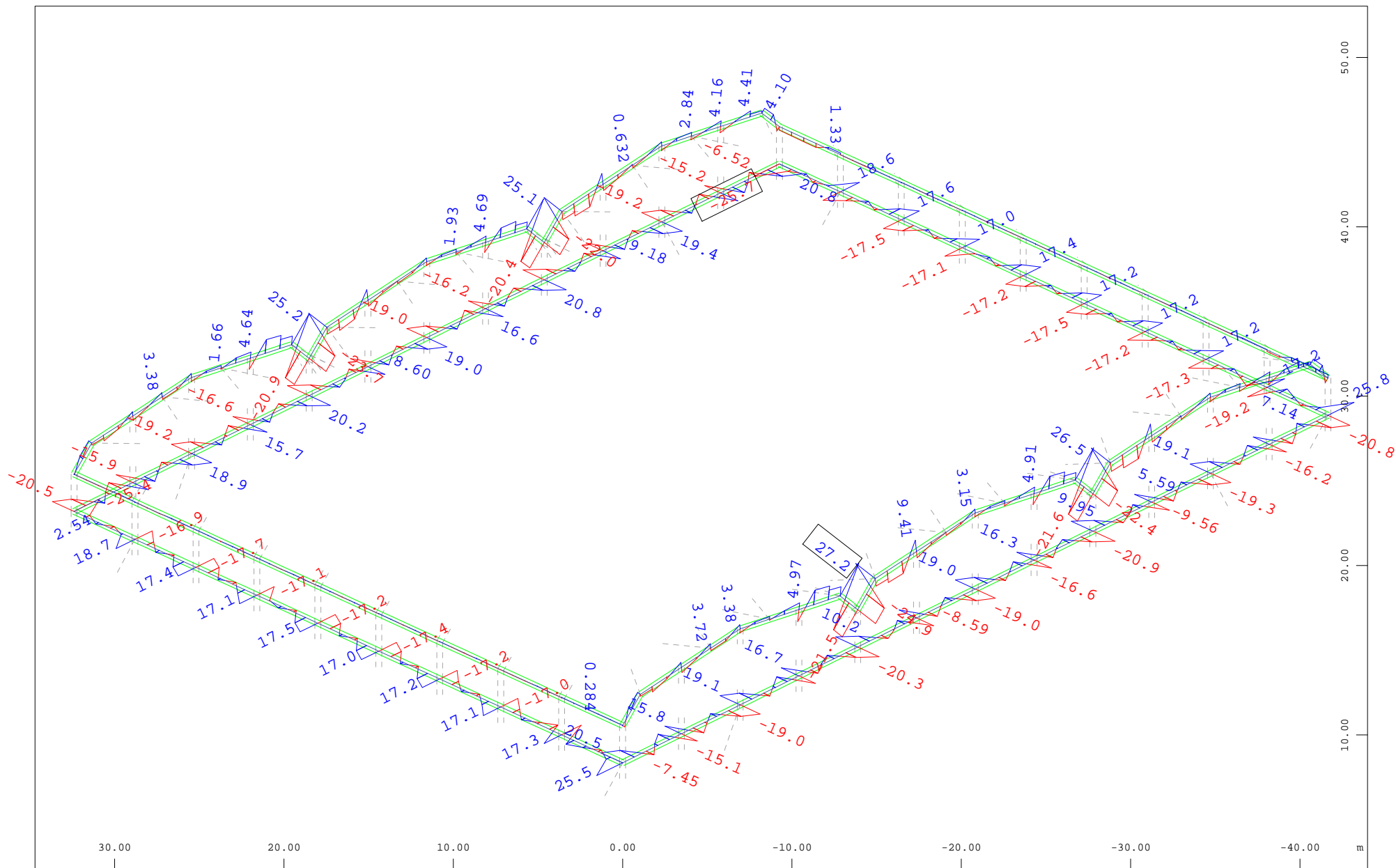
Sector of system Beam Elements Group 120 130 140  
 Beam Elements , Normal force  $N_x$ , Loadcase 109129 MAX-MY BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 180.5 kN (Min=-105.9) (Max=52.5)

M 1 : 311  
 X \* 0.774  
 Y \* 0.792  
 Z \* 0.880



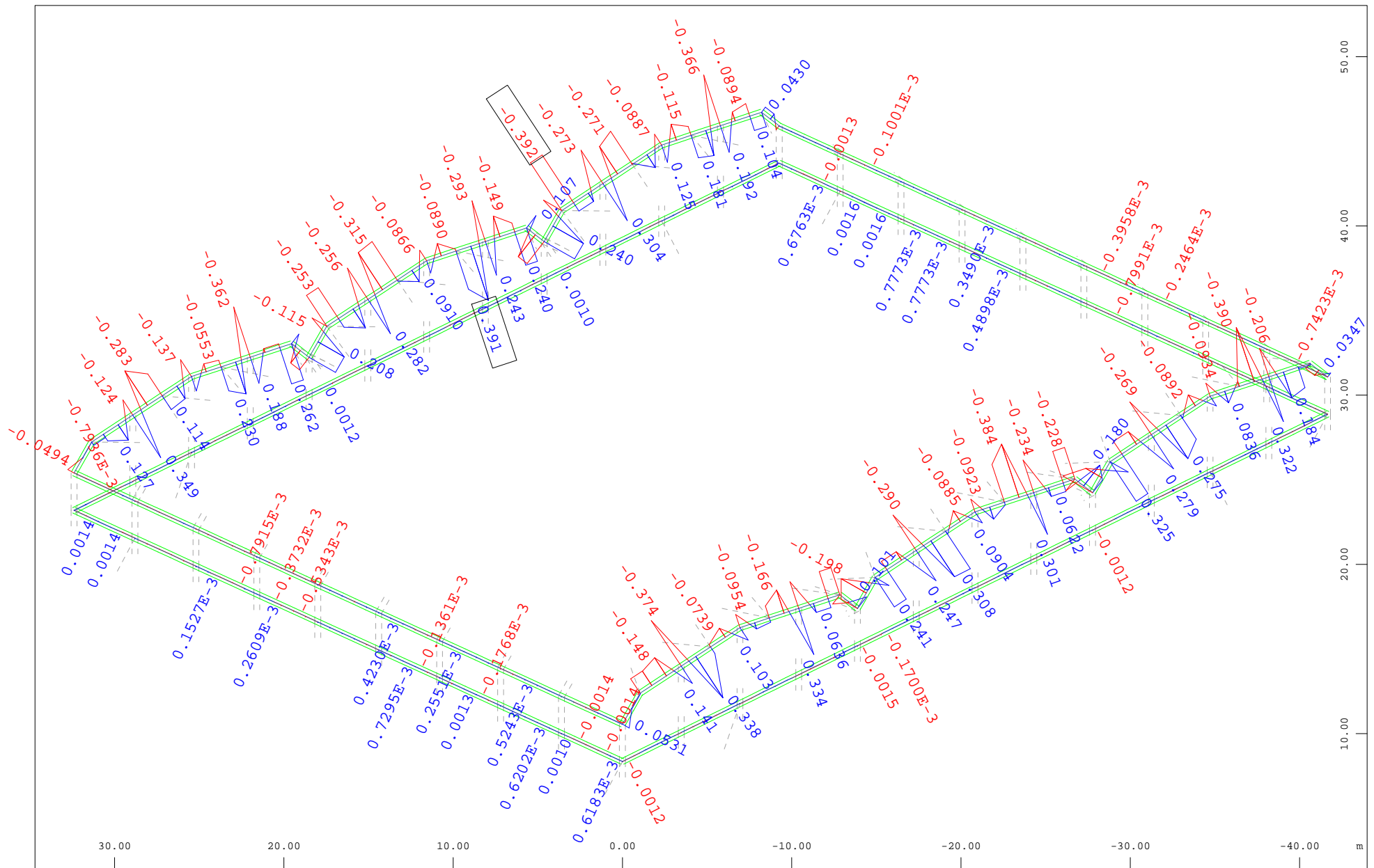
Sector of system Beam Elements Group 120 130 140  
 Beam Elements , Shear force Vy, Loadcase 109129 MAX-MY BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 18.0 kN (Min=-11.4) (Max=11.0)

M 1 : 311  
 X \* 0.774  
 Y \* 0.792  
 Z \* 0.880



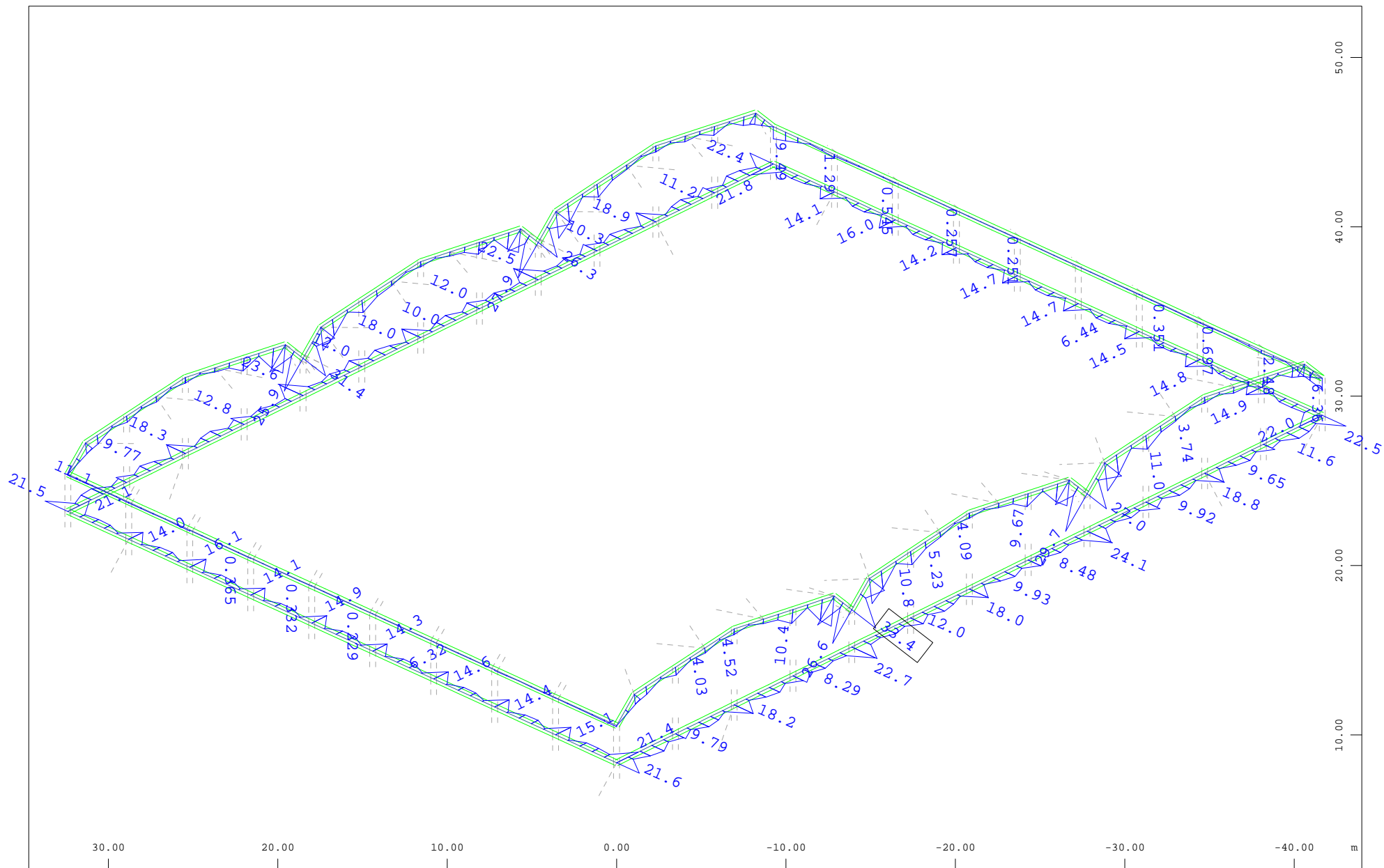
Sector of system Beam Elements Group 120 130 140  
 Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 109129 MAX-MY BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 36.1 kN (Min=-25.7) (Max=27.2)

M 1 : 311  
 X \* 0.774  
 Y \* 0.792  
 Z \* 0.880



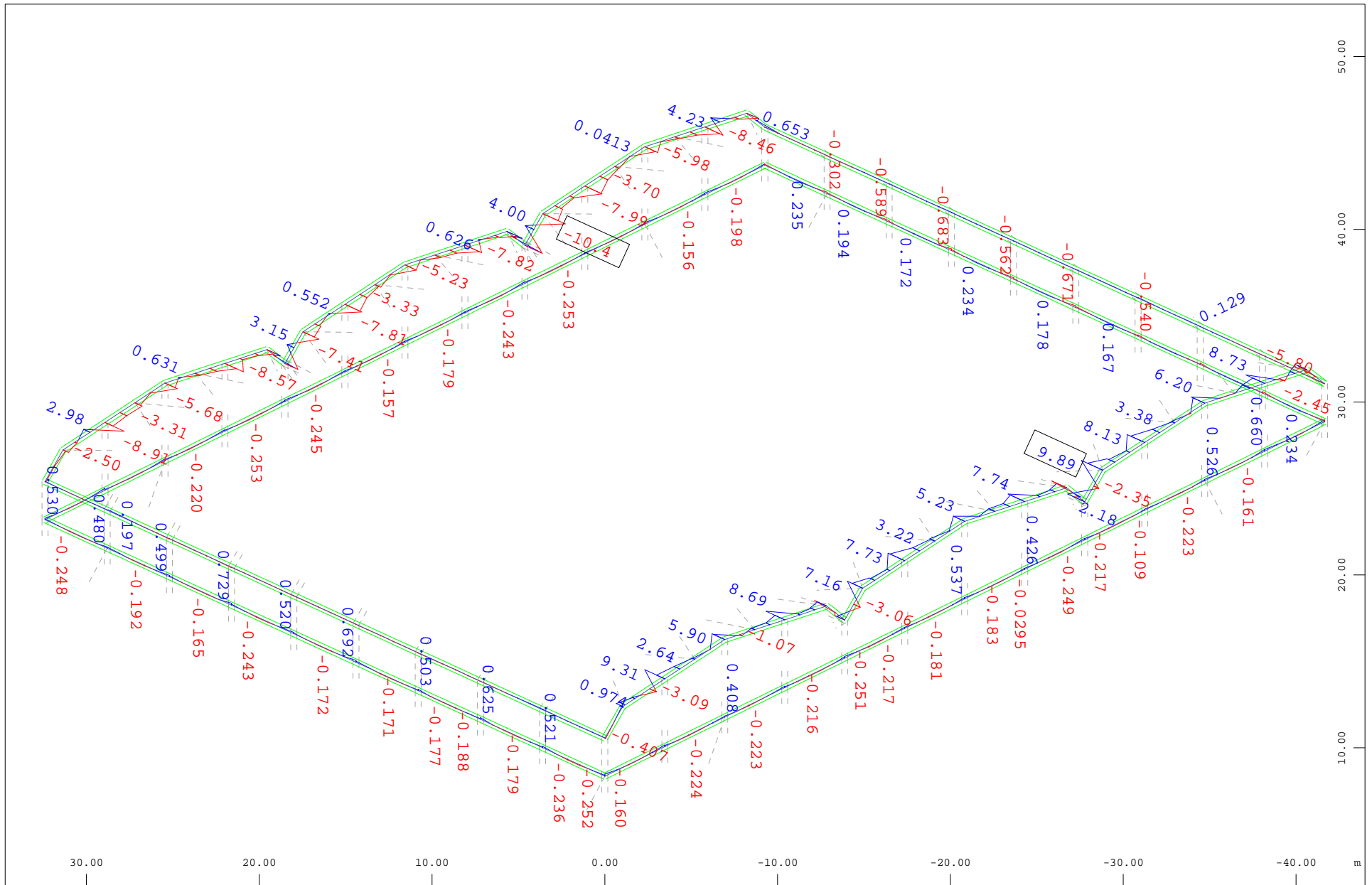
Sector of system Beam Elements Group 120 130 140  
 Beam Elements , Torsional moment  $M_t$ , Loadcase 109129  $MAX-MY$  BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 0.361 kNm (Min=-0.392) (Max=0.391)

M 1 : 311  
 X \* 0.774  
 Y \* 0.792  
 Z \* 0.880



Sector of system Beam Elements Group 120 130 140  
 Beam Elements , Bending moment  $M_y$ , Loadcase 109129 MAX-MY BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 36.1 kNm (Max=33.4)

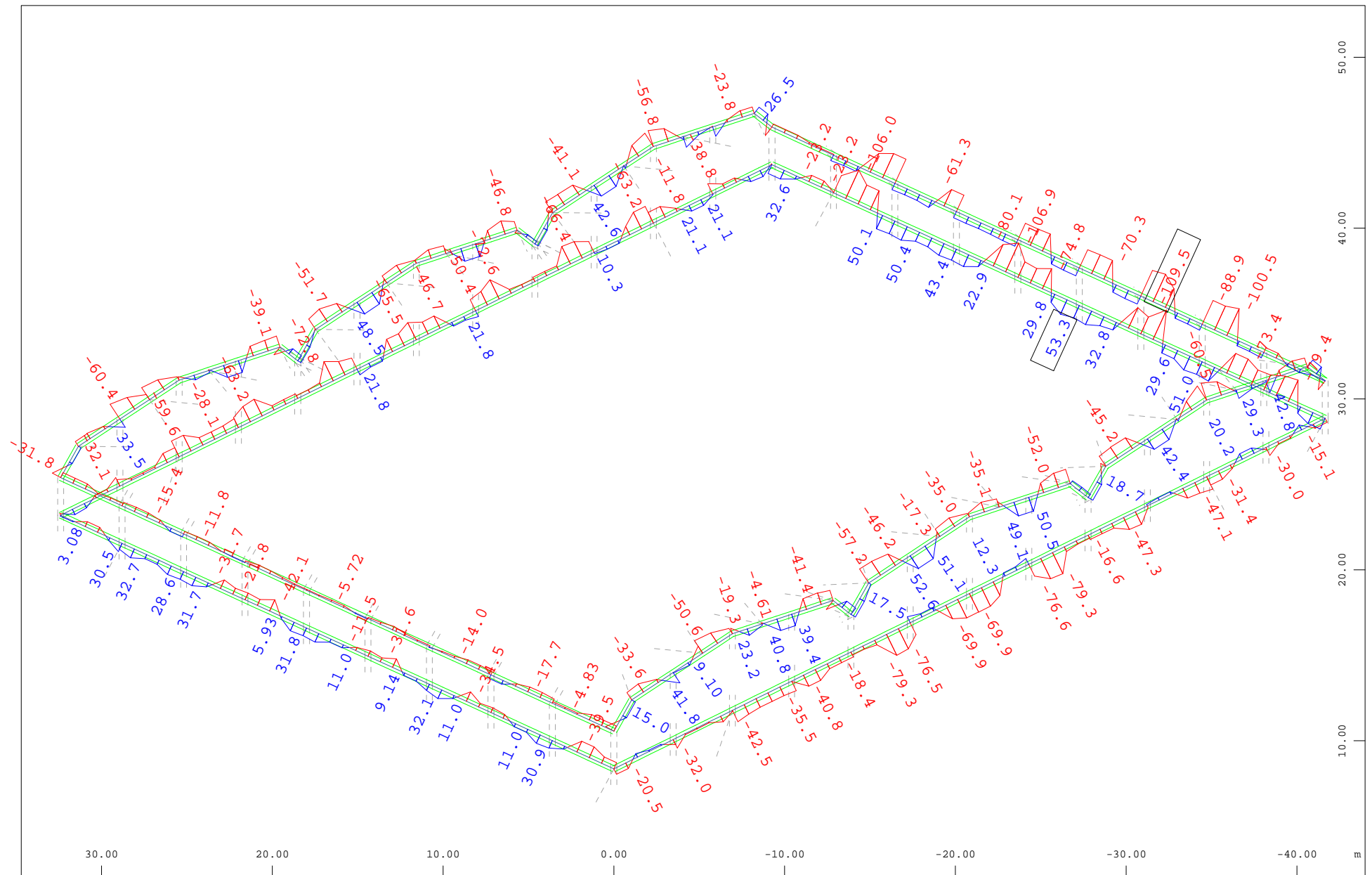
M 1 : 311  
 X \* 0.774  
 Y \* 0.792  
 Z \* 0.880



Sector of system Beam Elements Group 120 130 140  
 Beam Elements , Bending moment  $M_z$ , Loadcase 109129 MAX-MY BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 18.0 kNm (Min=-10.4) (Max=9.89)

M 1 : 311  
 X \* 0.774  
 Y \* 0.792  
 Z \* 0.880

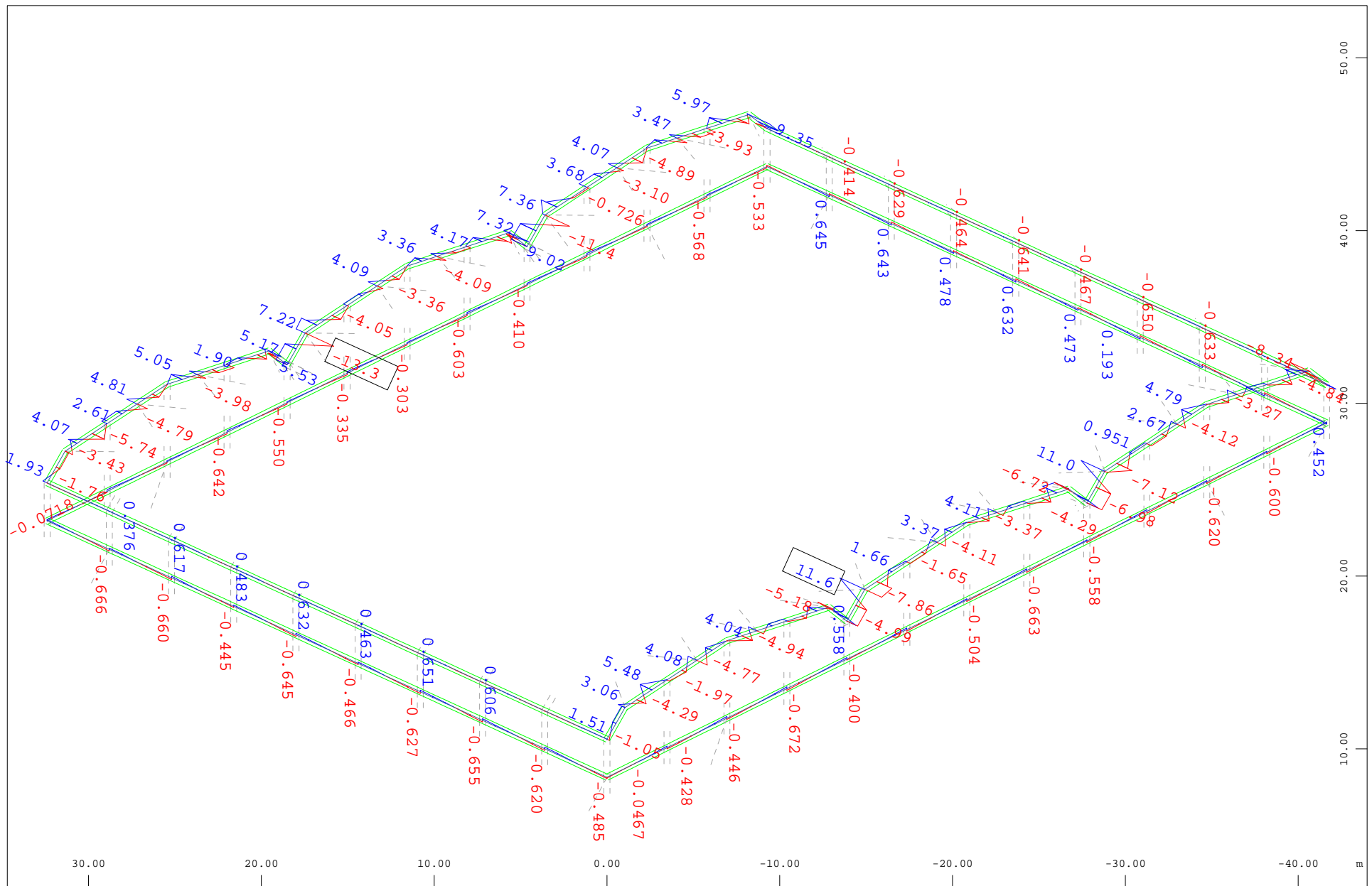




Sector of system Beam Elements Group 120 130 140  
 Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 109130 MIN-MY BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 180.5 kN (Min=-109.5) (Max=53.3)

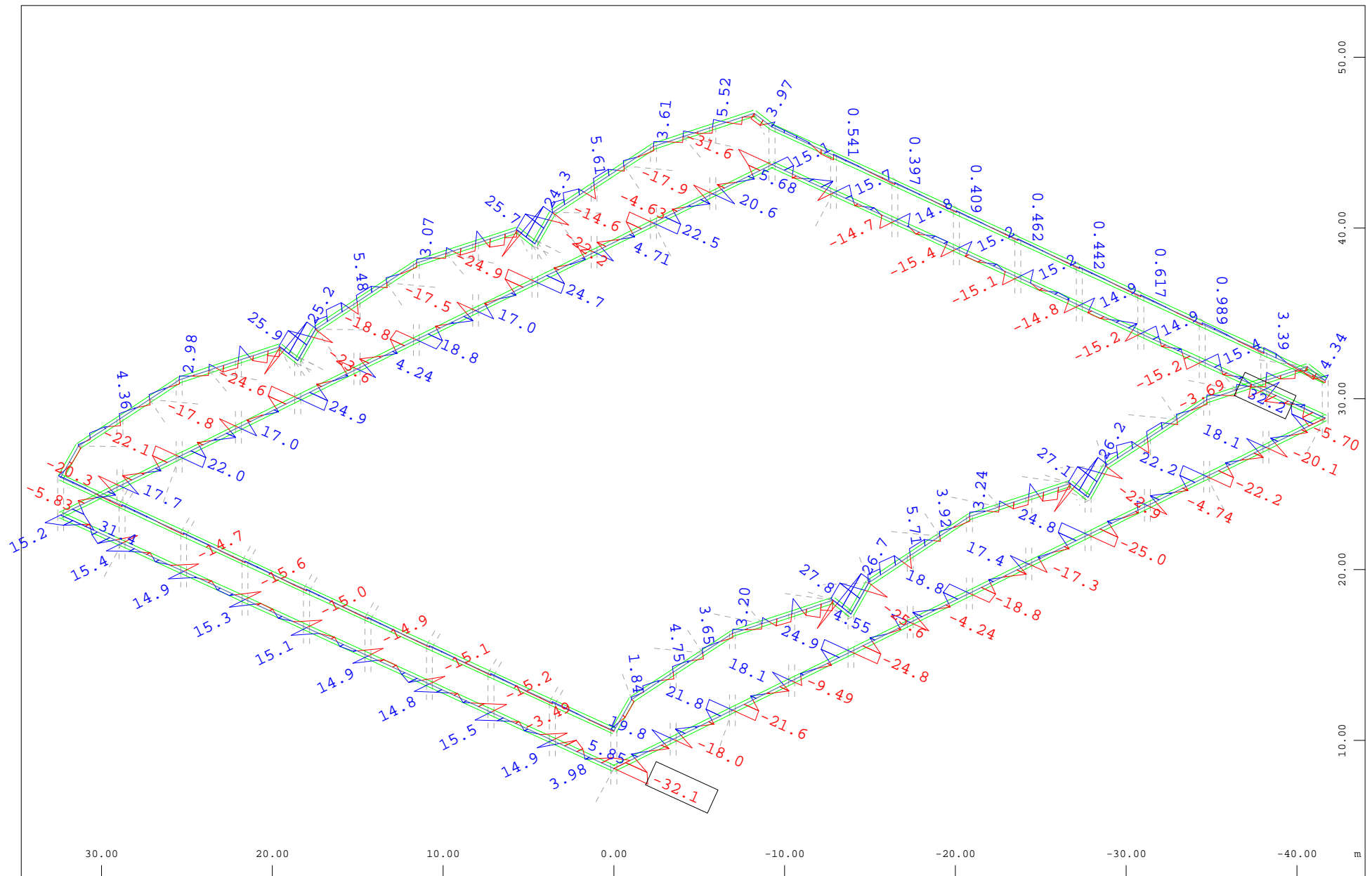
M 1 : 311  
 X \* 0.774  
 Y \* 0.792  
 Z \* 0.880





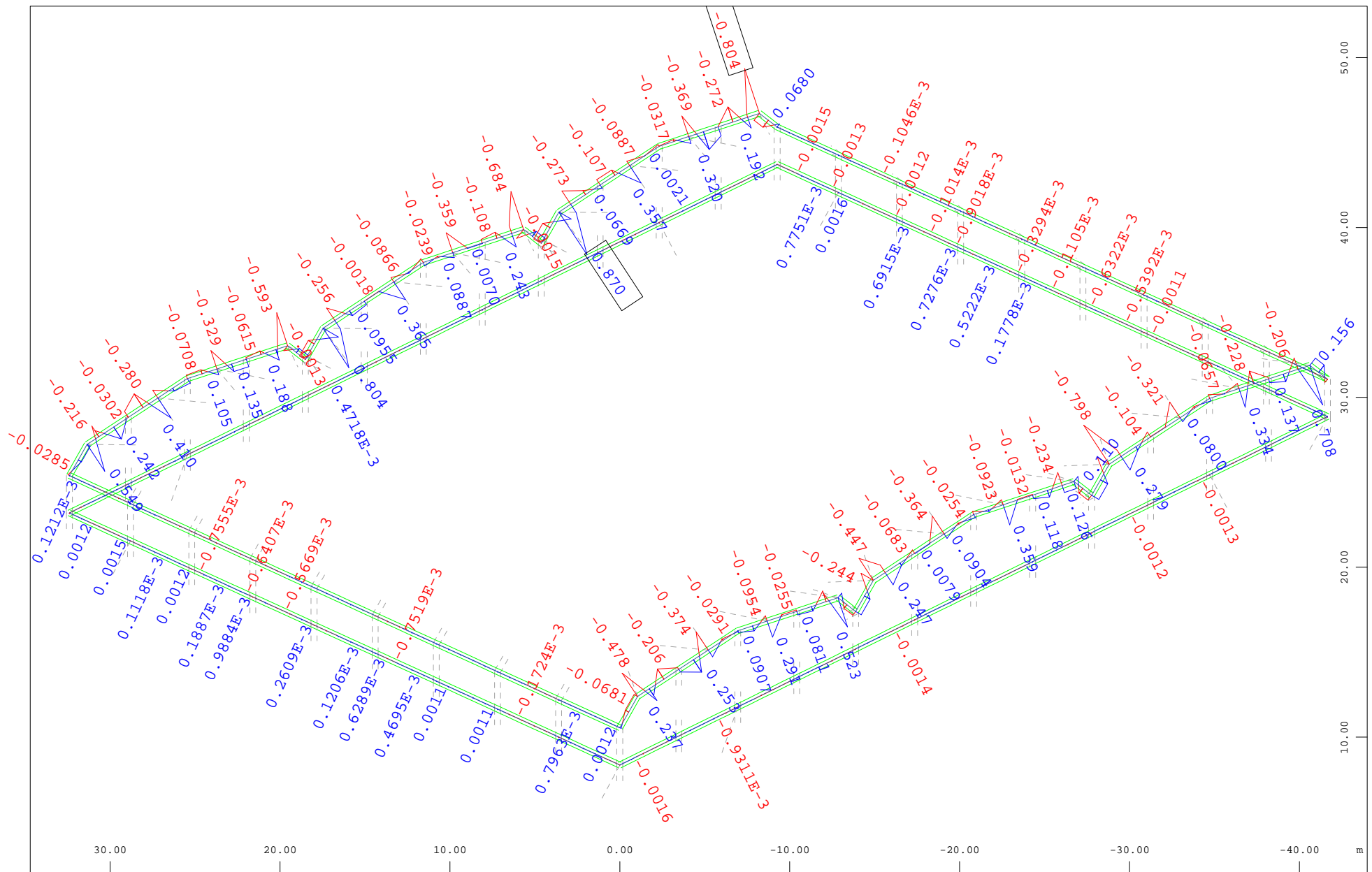
Sector of system Beam Elements Group 120 130 140  
 Beam Elements , Shear force Vy, Loadcase 109130 MIN-MY BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 18.0 kN (Min=-13.3) (Max=11.6)

M 1 : 311  
 X \* 0.774  
 Y \* 0.792  
 Z \* 0.880



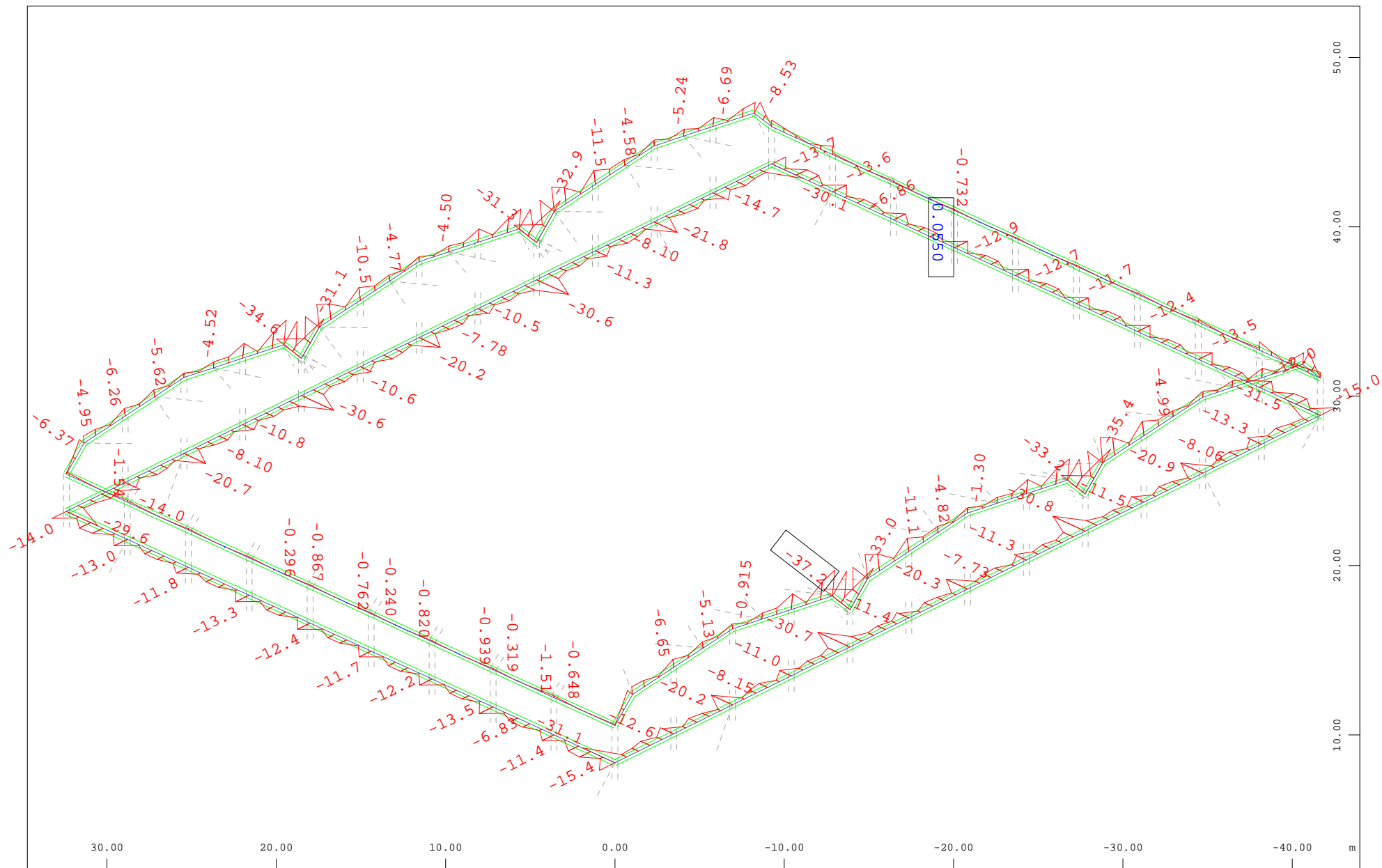
Sector of system Beam Elements Group 120 130 140  
 Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 109130 MIN-MY BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 36.1 kN (Min=-32.1) (Max=32.2)

M 1 : 311  
 X \* 0.774  
 Y \* 0.792  
 Z \* 0.880



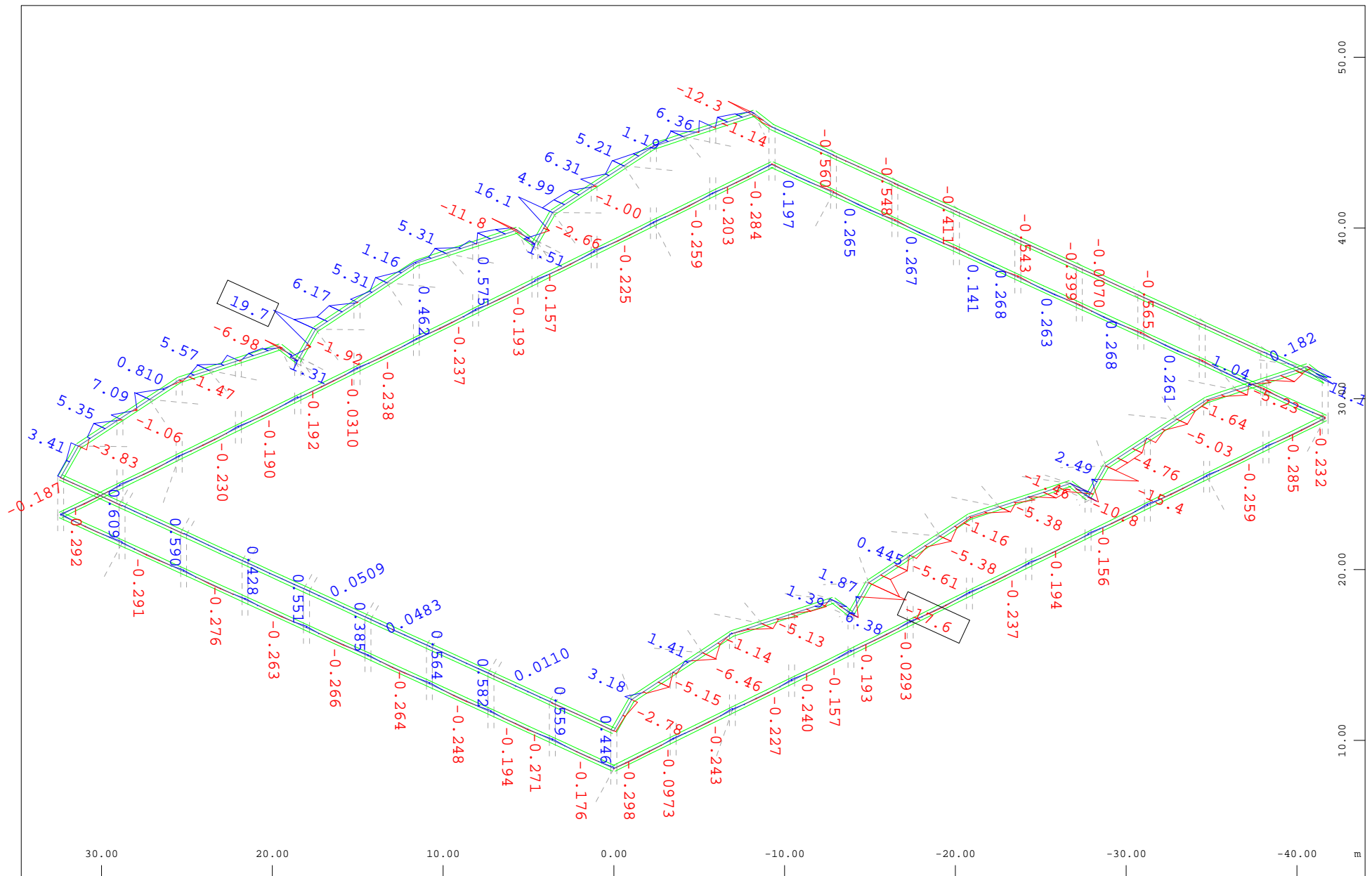
Sector of system Beam Elements Group 120 130 140  
 Beam Elements , Torsional moment  $M_t$ , Loadcase 109130 MIN-MY BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 0.902 kNm (Min=-0.804) (Max=0.870)

M 1 : 311  
 X \* 0.774  
 Y \* 0.792  
 Z \* 0.880



Sector of system Beam Elements Group 120 130 140  
 Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 109130 MIN-MY BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 36.1 kNm (Min=-37.2) (Max=0.0550)

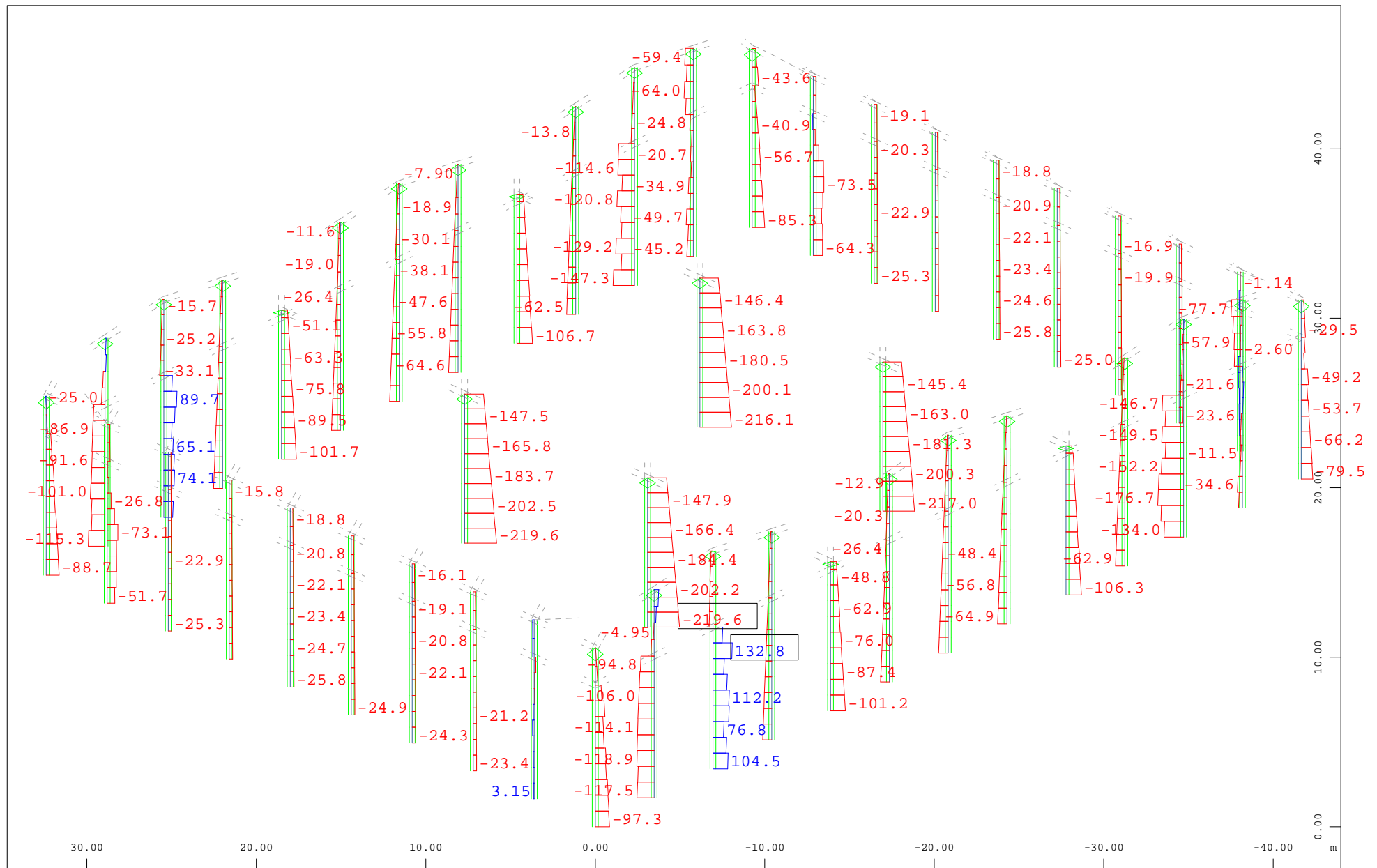
M 1 : 311  
 X \* 0.774  
 Y \* 0.792  
 Z \* 0.880



Sector of system Beam Elements Group 120 130 140  
 Beam Elements , Bending moment Mz, Loadcase 109130 MIN-MY BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 18.0 kNm (Min=-17.6) (Max=19.7)

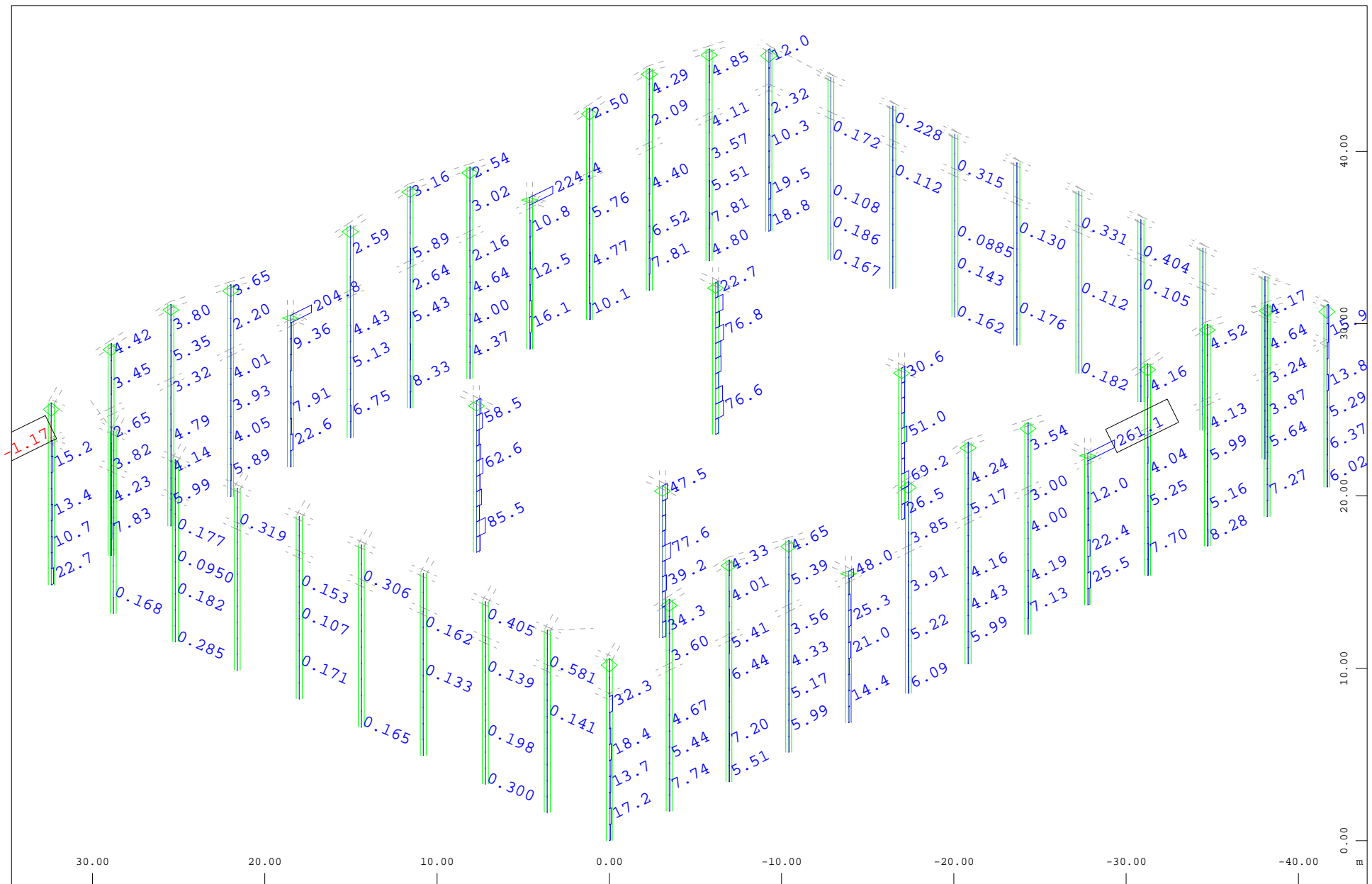
M 1 : 311  
 X \* 0.774  
 Y \* 0.792  
 Z \* 0.880

## **2.A9. ENVOLVENTE DE ESFUERZOS SITUACIÓN SISMICA**



Sector of system Beam Elements Group 1...7  
 Beam Elements , Normal force  $N_x$ , Loadcase 300123 MAXE-VY BEAM Forces in Beam Elem , 1 cm 3D = 360.9 kN (Min=-219.6) (Max=132.8)

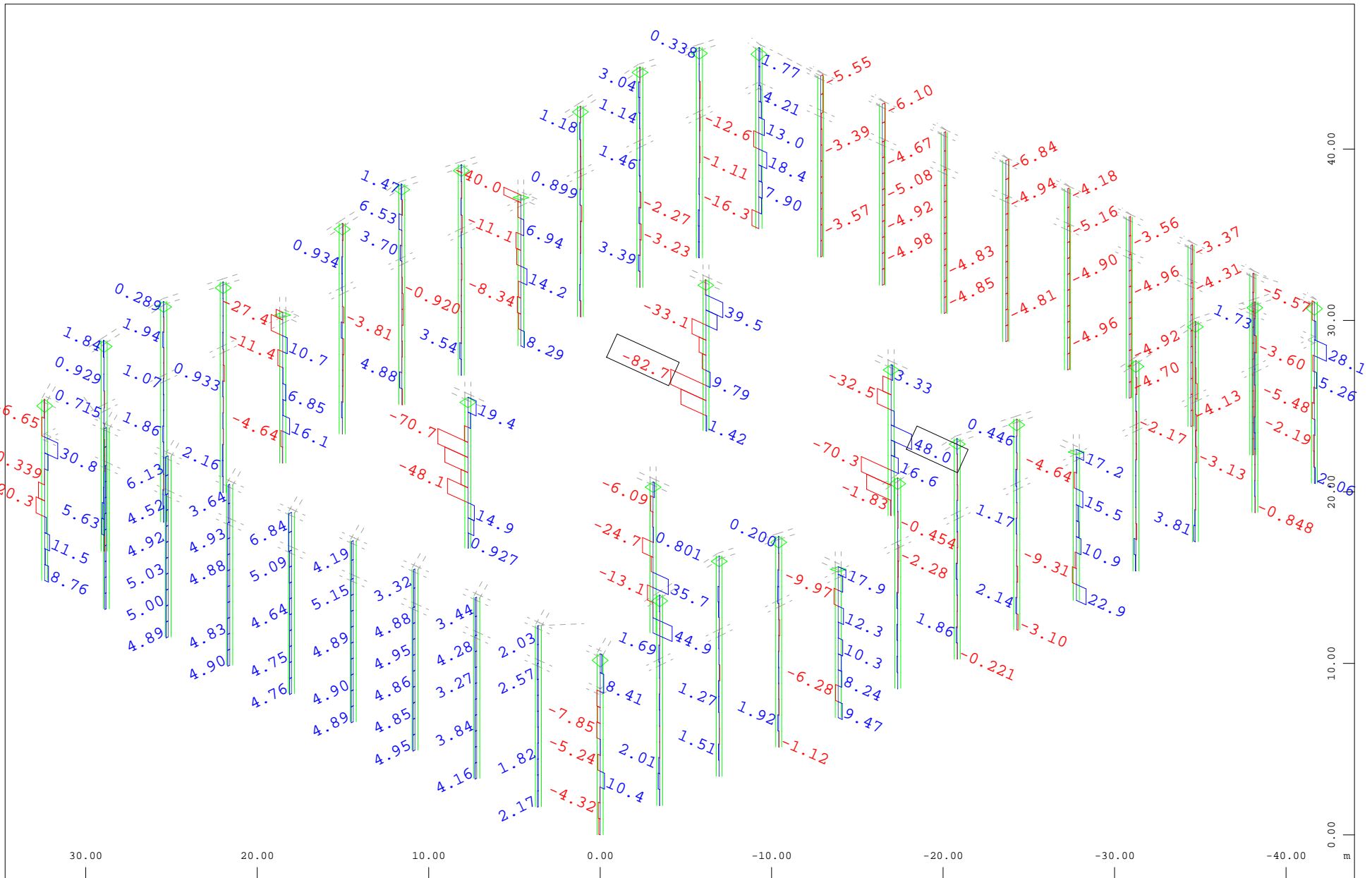
M 1 : 311  
 X \* 0.774  
 Y \* 0.792  
 Z \* 0.880



Sector of system Beam Elements Group 1...7  
 Beam Elements , Shear force Vy, Loadcase 300123 MAXE-VY BEAM Forces in Beam Elem , 1 cm 3D = 360.9 kN (Min=-1.17) (Max=261.1)

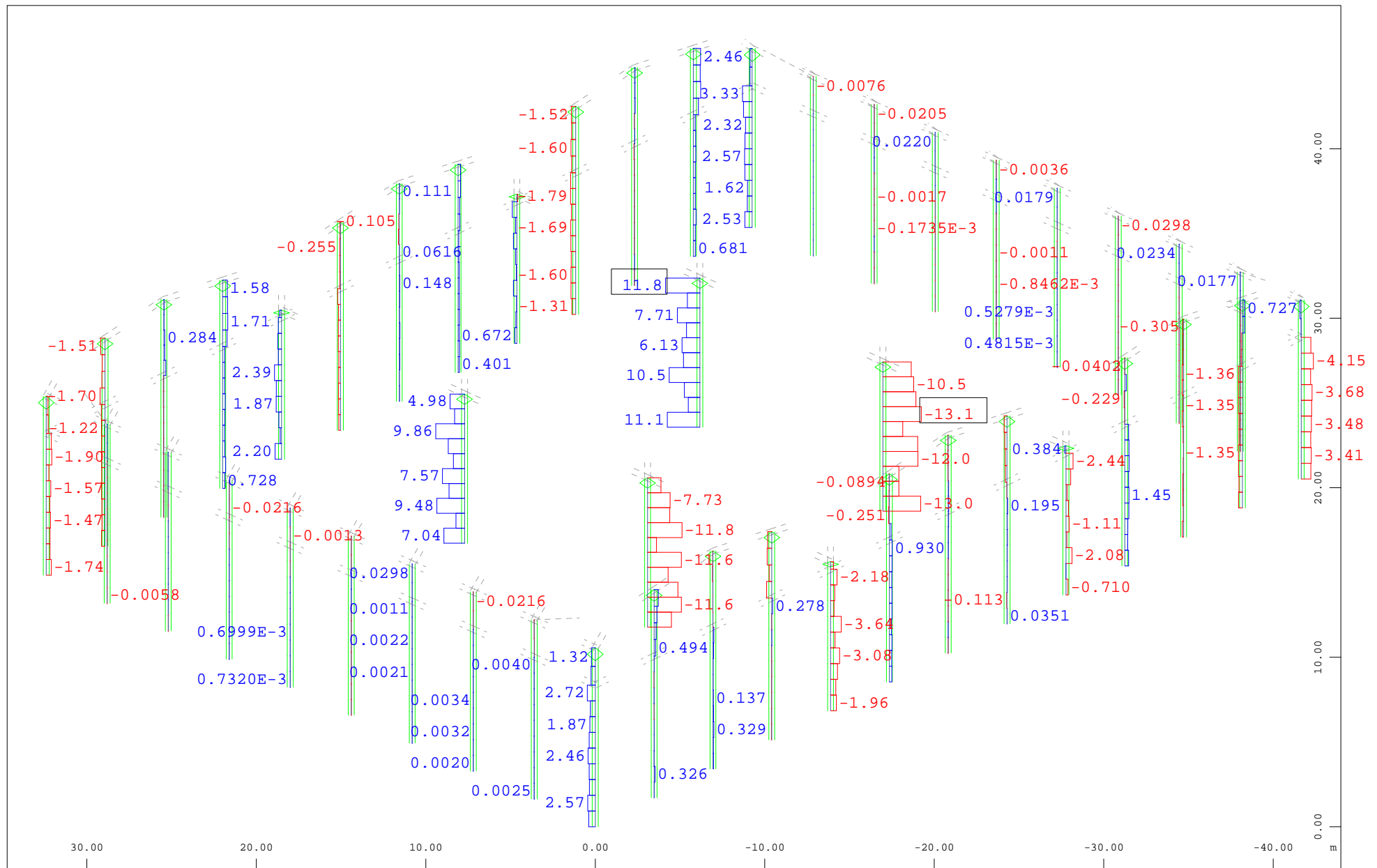
M 1 : 311  
 X \* 0.774  
 Y \* 0.792  
 Z \* 0.880





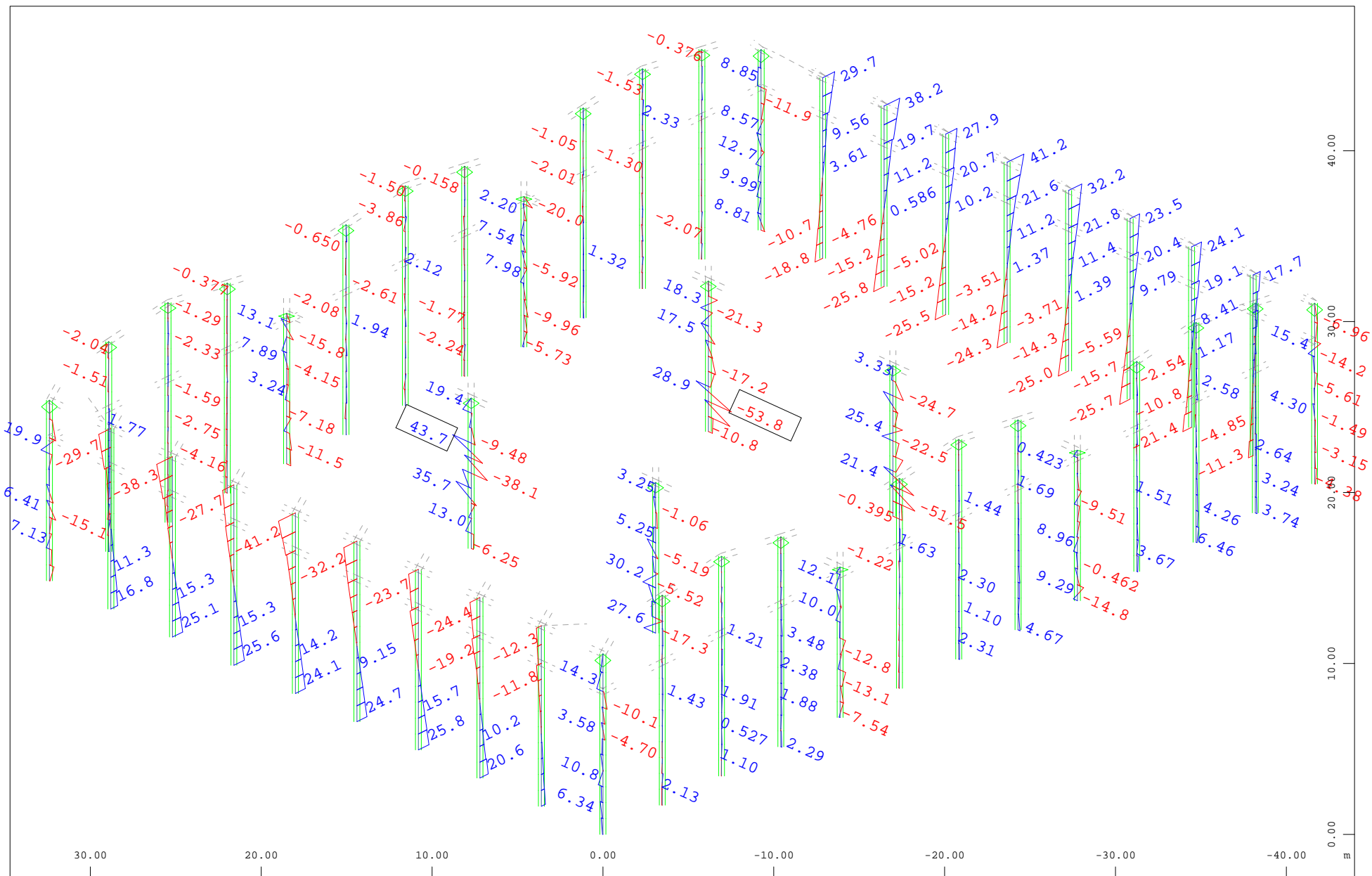
Sector of system Beam Elements Group 1...7  
 Beam Elements , Shear force  $V_z$ , Loadcase 300123 MAXE-VY BEAM Forces in Beam Elem , 1 cm 3D = 90.2 kN (Min=-82.7) (Max=48.0)

M 1 : 311  
 X \* 0.774  
 Y \* 0.792  
 Z \* 0.880



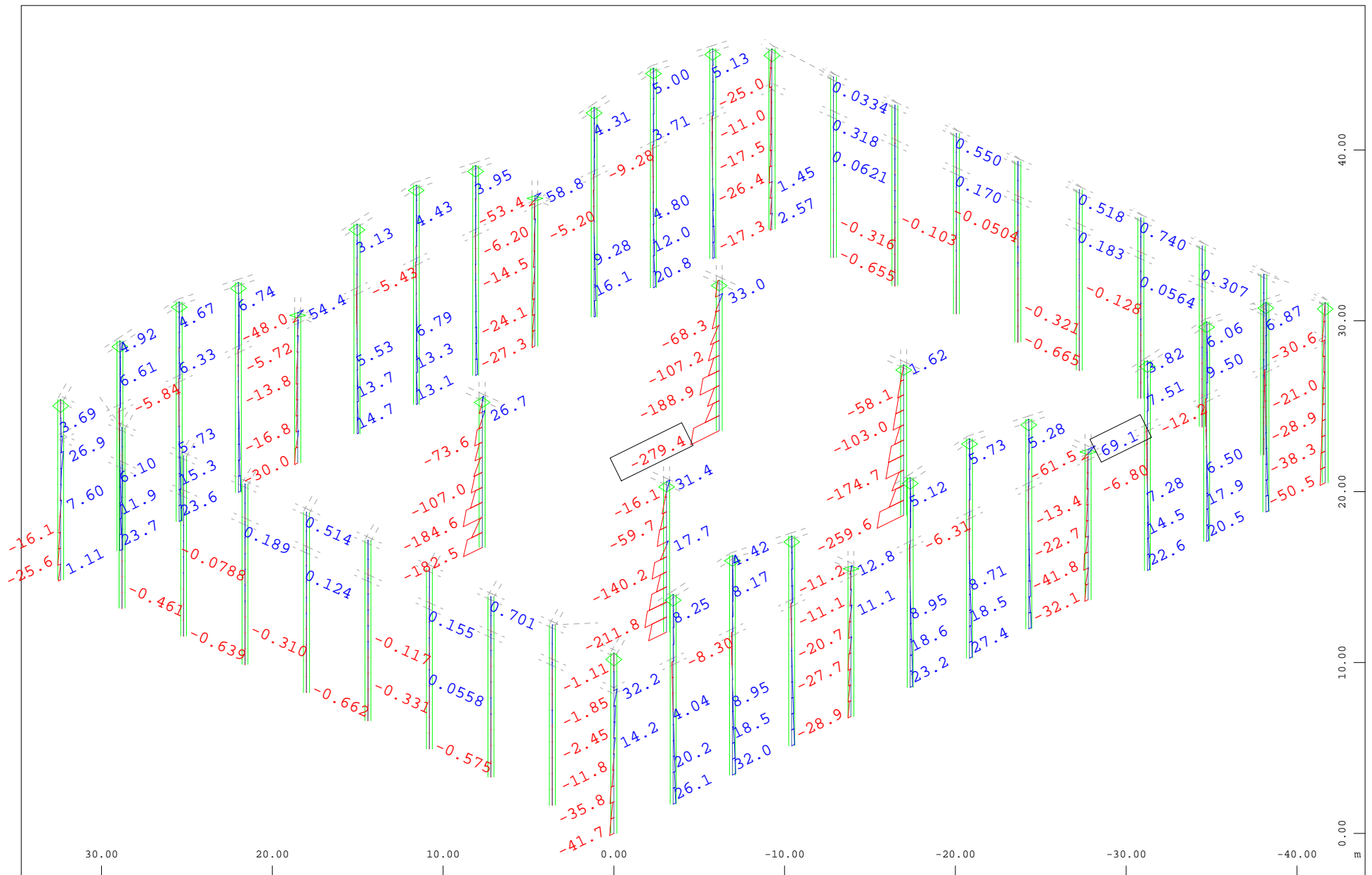
Sector of system Beam Elements Group 1...7  
 Beam Elements , Torsional moment Mt, Loadcase 300123 MAXE-VY BEAM Forces in Beam Elem , 1 cm 3D = 18.0 kNm (Min=-13.1) (Max=11.8)

M 1 : 311  
 X \* 0.774  
 Y \* 0.792  
 Z \* 0.880



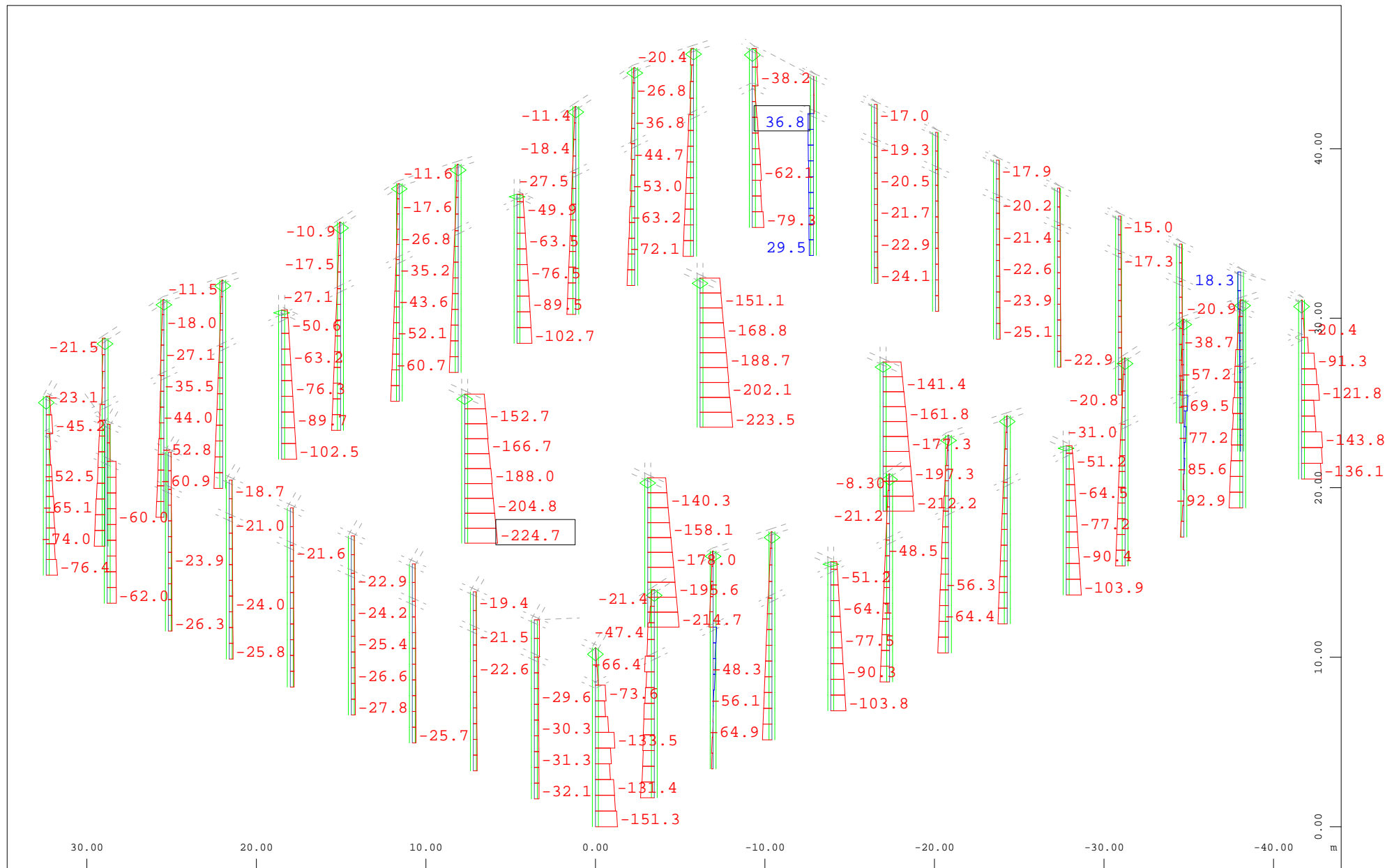
Sector of system Beam Elements Group 1...7  
 Beam Elements , Bending moment  $M_y$ , Loadcase 300123 MAXE-VY BEAM Forces in Beam Elem , 1 cm 3D = 90.2 kNm (Min=-53.8) (Max=43.7)

M 1 : 311  
 X \* 0.774  
 Y \* 0.792  
 Z \* 0.880



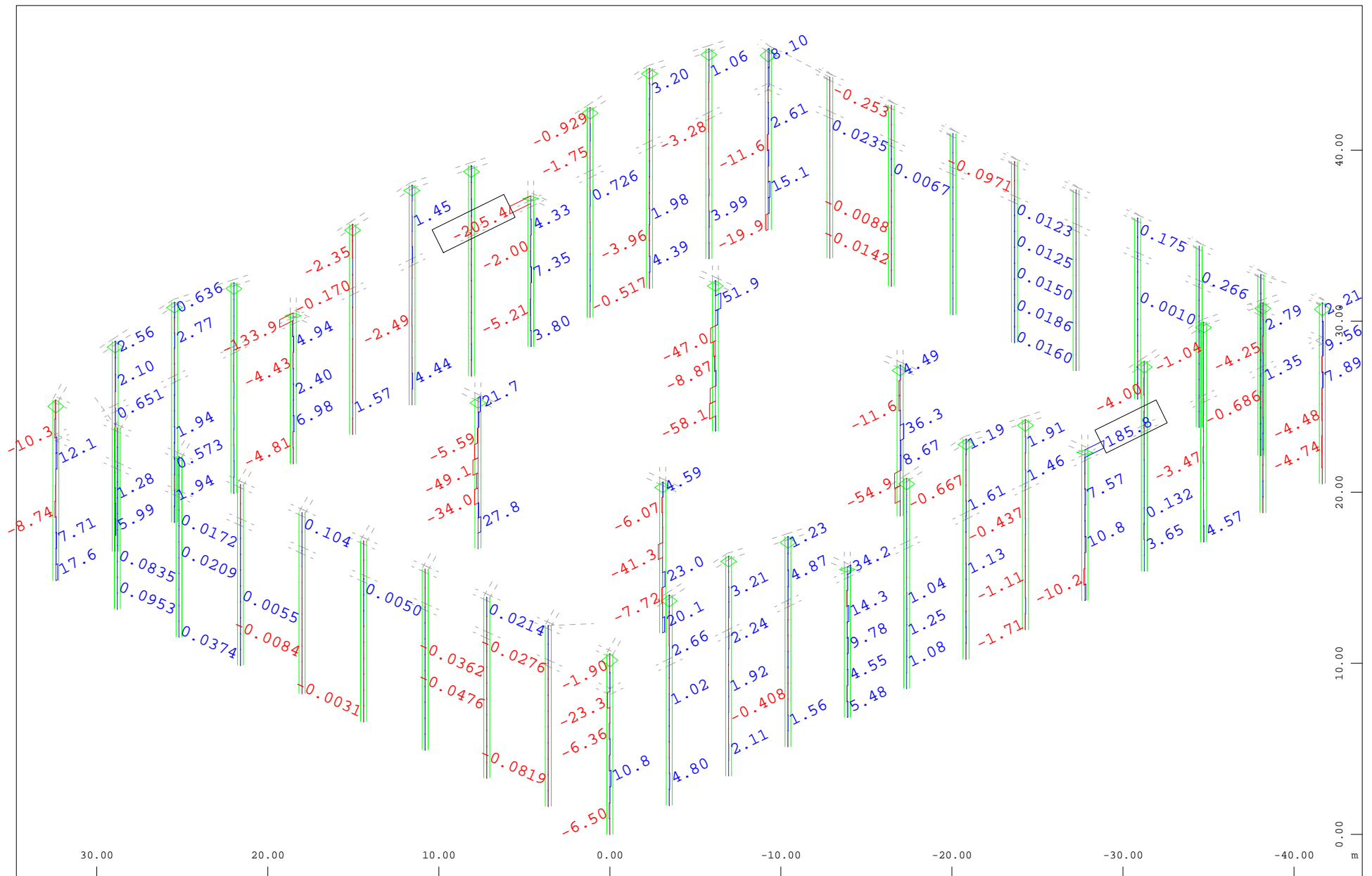
Sector of system Beam Elements Group 1...7  
 Beam Elements , Bending moment Mz, Loadcase 300123 MAXE-VY BEAM Forces in Beam Elem , 1 cm 3D = 360.9 kNm (Min=-279.4) (Max=69.1)

M 1 : 311  
 X \* 0.774  
 Y \* 0.792  
 Z \* 0.880



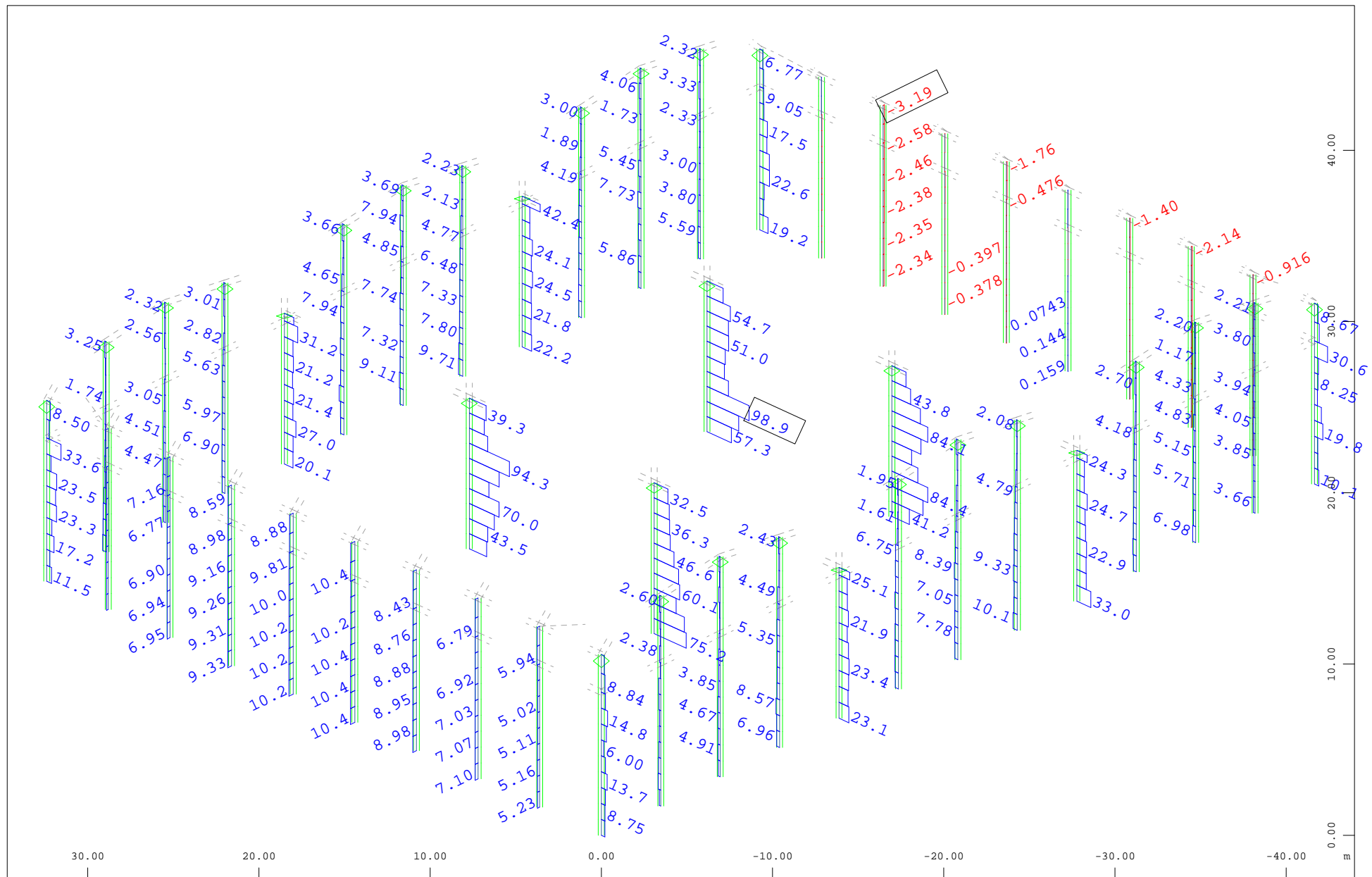
Sector of system Beam Elements Group 1...7  
 Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 300125 MAXE-VZ BEAM Forces in Beam Elem , 1 cm 3D = 360.9 kN (Min=-224.7) (Max=36.8)

M 1 : 311  
 X \* 0.774  
 Y \* 0.792  
 Z \* 0.880



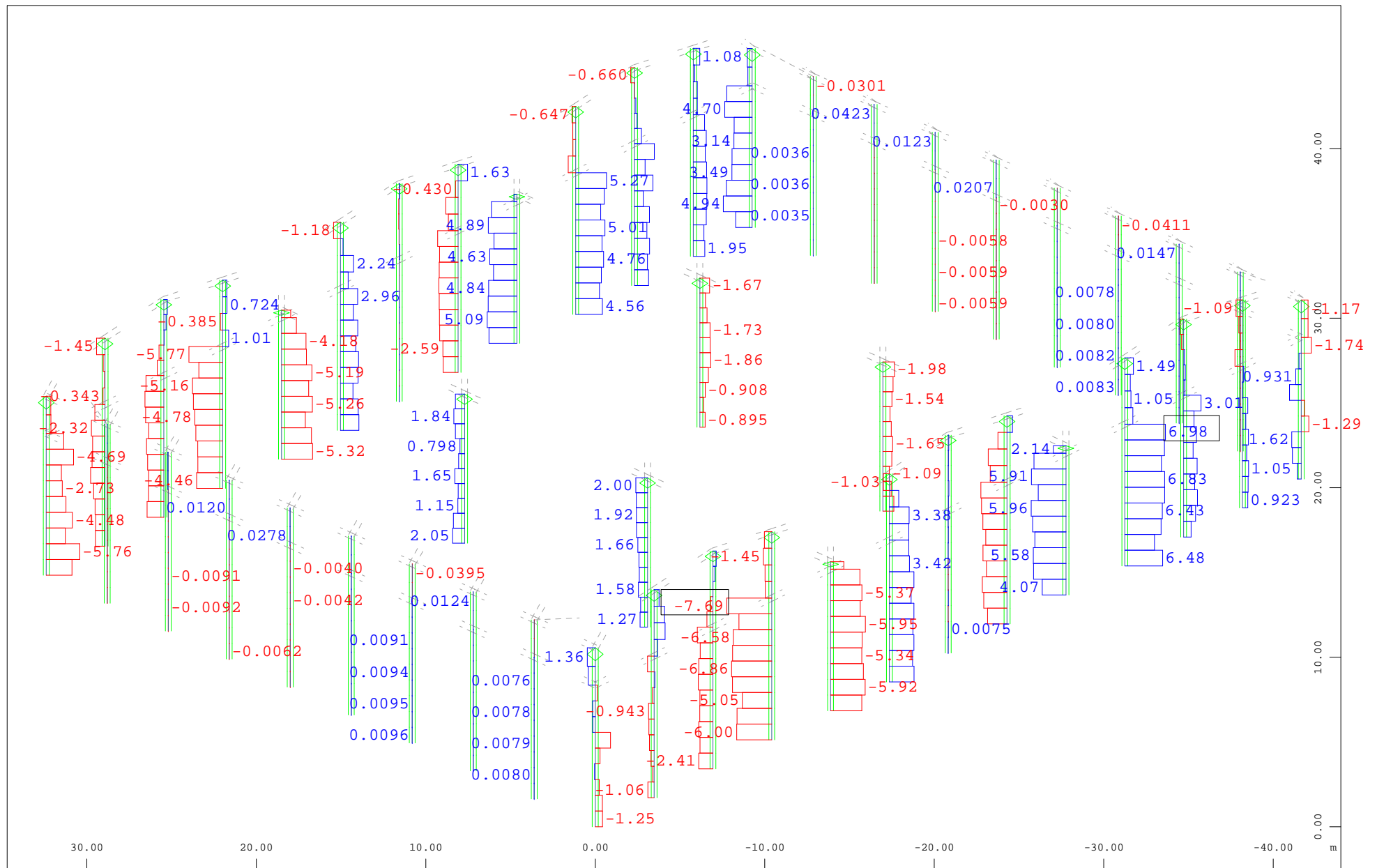
Sector of system Beam Elements Group 1...7  
 Beam Elements , Shear force  $V_y$ , Loadcase 300125 MAXE-VZ BEAM Forces in Beam Elem , 1 cm 3D = 360.9 kN (Min=-205.4) (Max=185.8)

M 1 : 311  
 X \* 0.774  
 Y \* 0.792  
 Z \* 0.880



Sector of system Beam Elements Group 1...7  
 Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 300125 MAXE-VZ BEAM Forces in Beam Elem , 1 cm 3D = 90.2 kN (Min=-3.19) (Max=98.9)

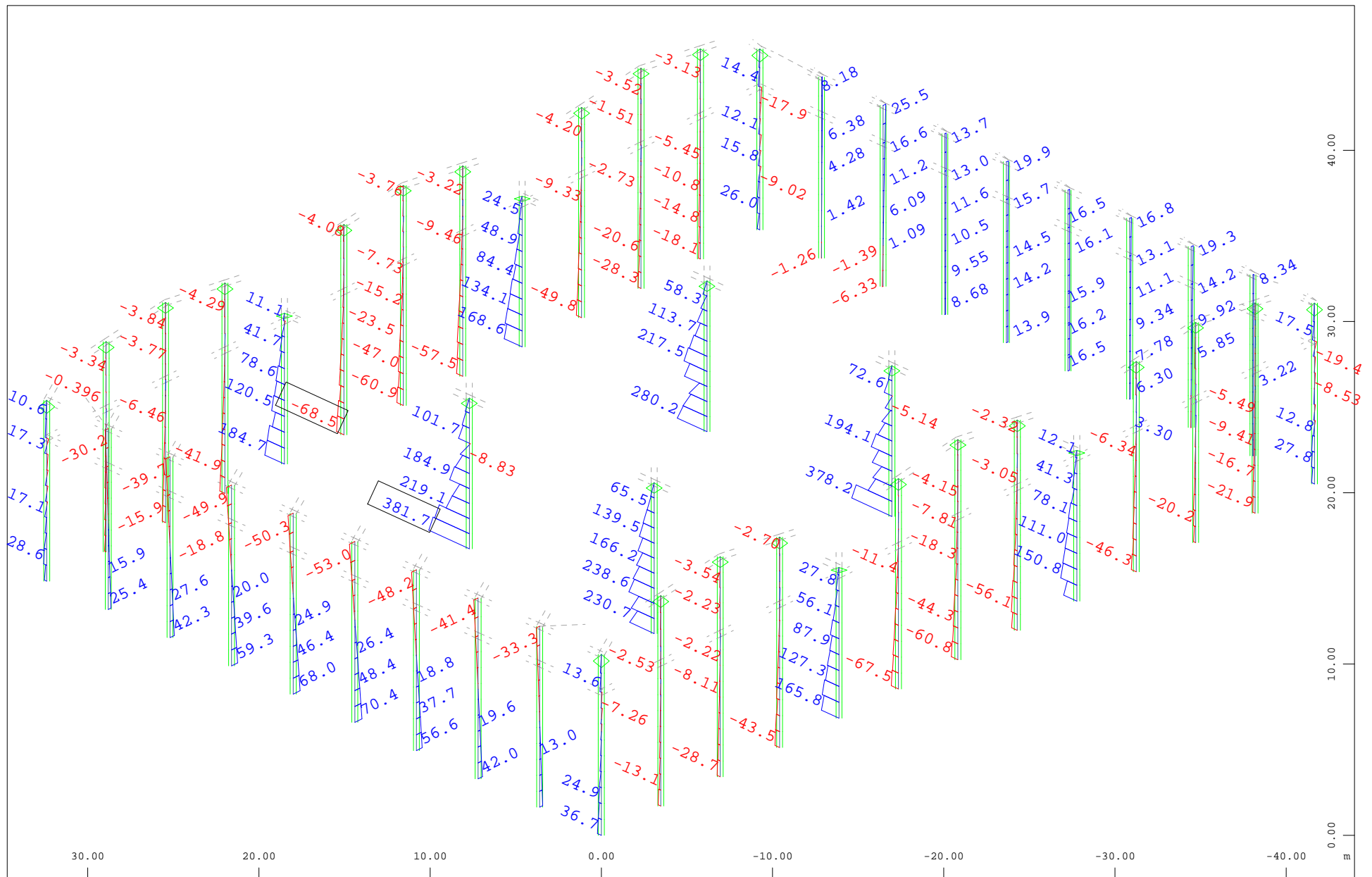
M 1 : 311  
 X \* 0.774  
 Y \* 0.792  
 Z \* 0.880



Sector of system Beam Elements Group 1...7  
 Beam Elements , Torsional moment  $M_t$ , Loadcase 300125 MAXE-VZ BEAM Forces in Beam Elem , 1 cm 3D = 9.02 kNm (Min=-7.69) (Max=6.98)

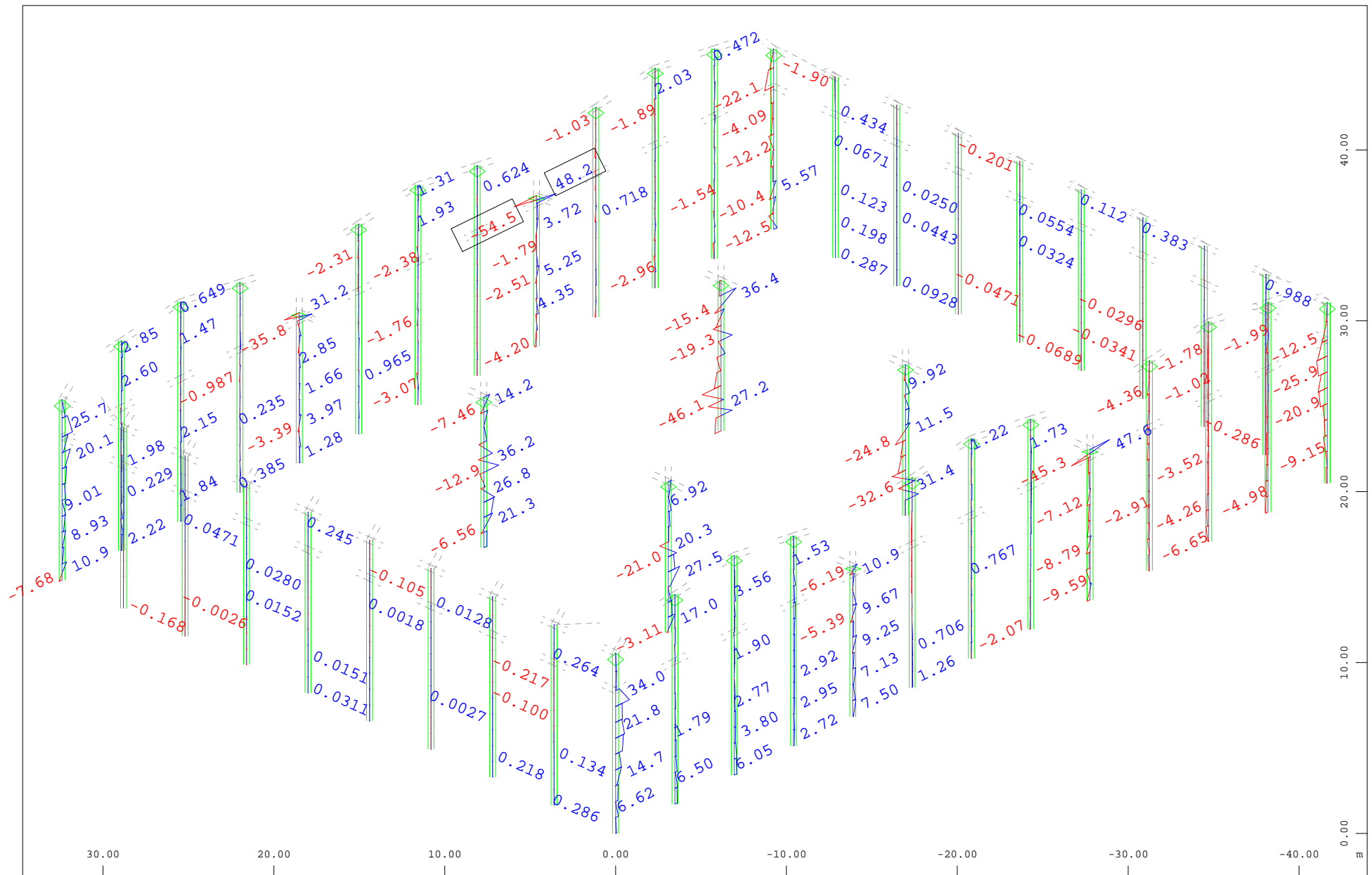
M 1 : 311  
 X \* 0.774  
 Y \* 0.792  
 Z \* 0.880





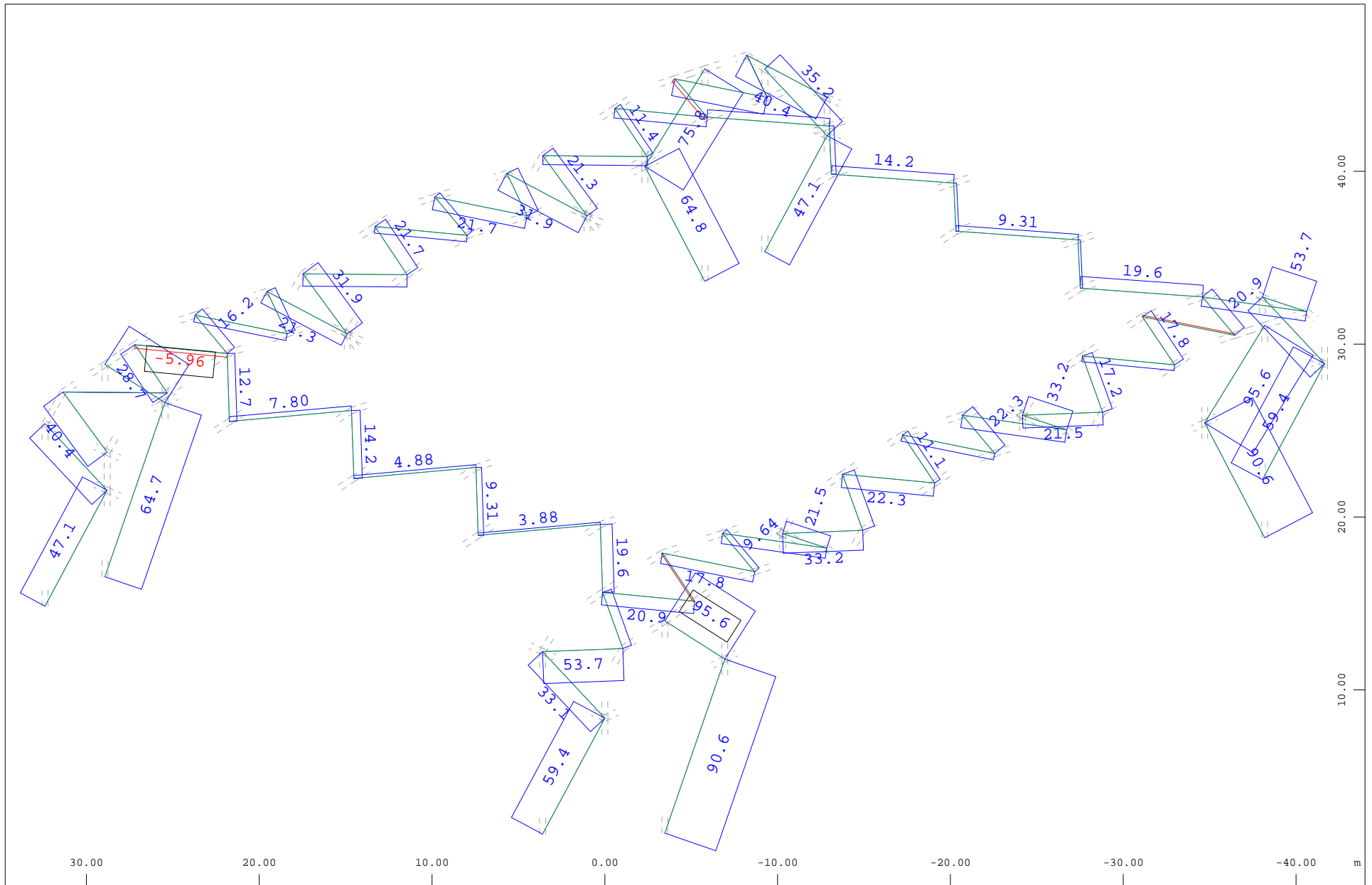
Sector of system Beam Elements Group 1...7  
 Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 300125 MAXE-VZ BEAM Forces in Beam Elem , 1 cm 3D = 360.9 kNm (Min=-68.5) (Max=381.7)

M 1 : 311  
 X \* 0.774  
 Y \* 0.792  
 Z \* 0.880



Sector of system Beam Elements Group 1...7  
 Beam Elements , Bending moment  $M_z$ , Loadcase 300125 MAXE-VZ BEAM Forces in Beam Elem , 1 cm 3D = 90.2 kNm (Min=-54.5) (Max=48.2)

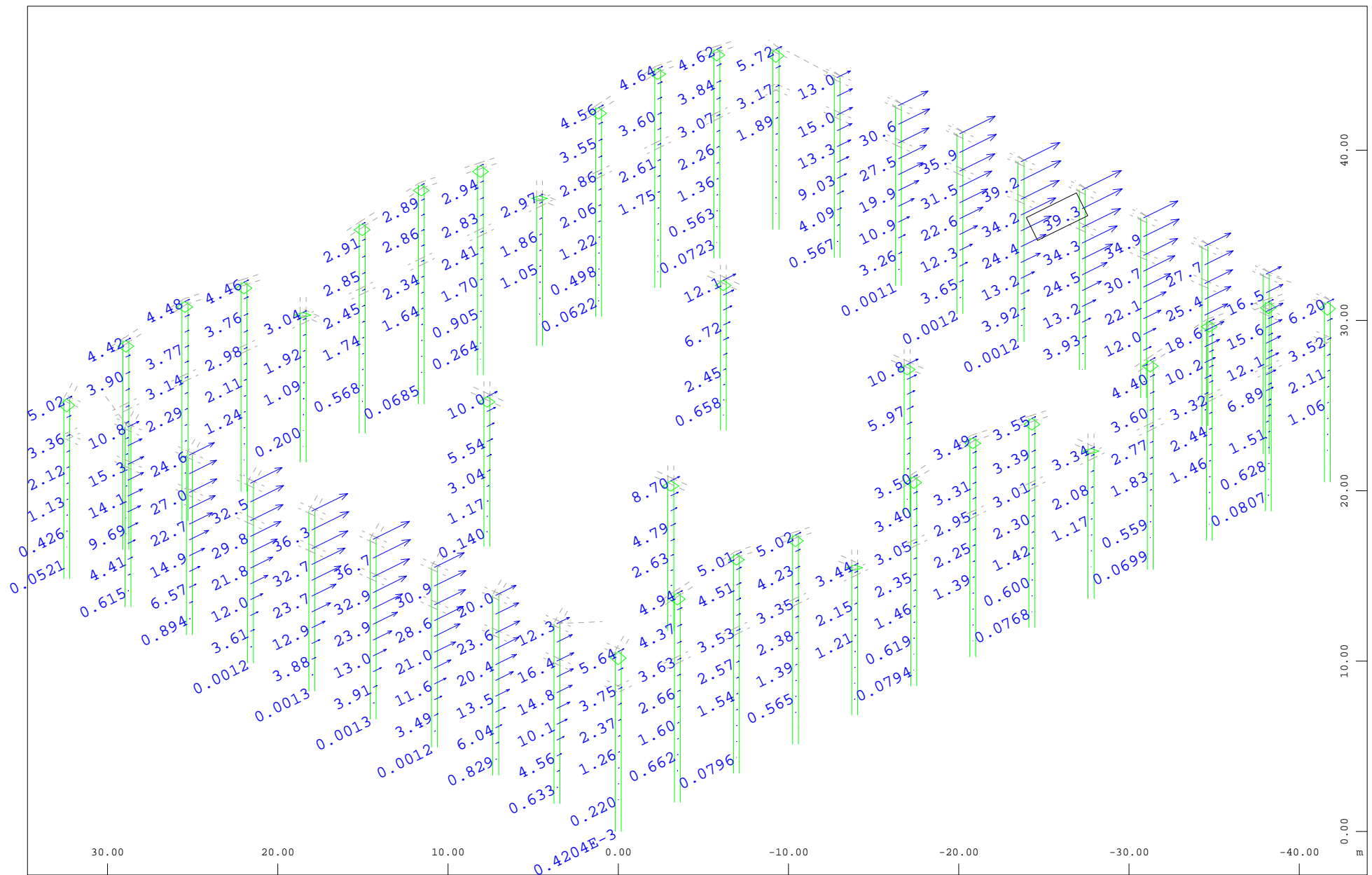
M 1 : 311  
 X \* 0.774  
 Y \* 0.792  
 Z \* 0.880



Sector of system Truss Elements  
 Truss Elements , Normal force Nx, Loadcase 300141 MAXE-N TRUS Forces in Truss Elem , 1 cm 3D = 90.2 kN (Min=-5.96) (Max=95.6)

M 1 : 311  
 X \* 0.774  
 Y \* 0.792  
 Z \* 0.880

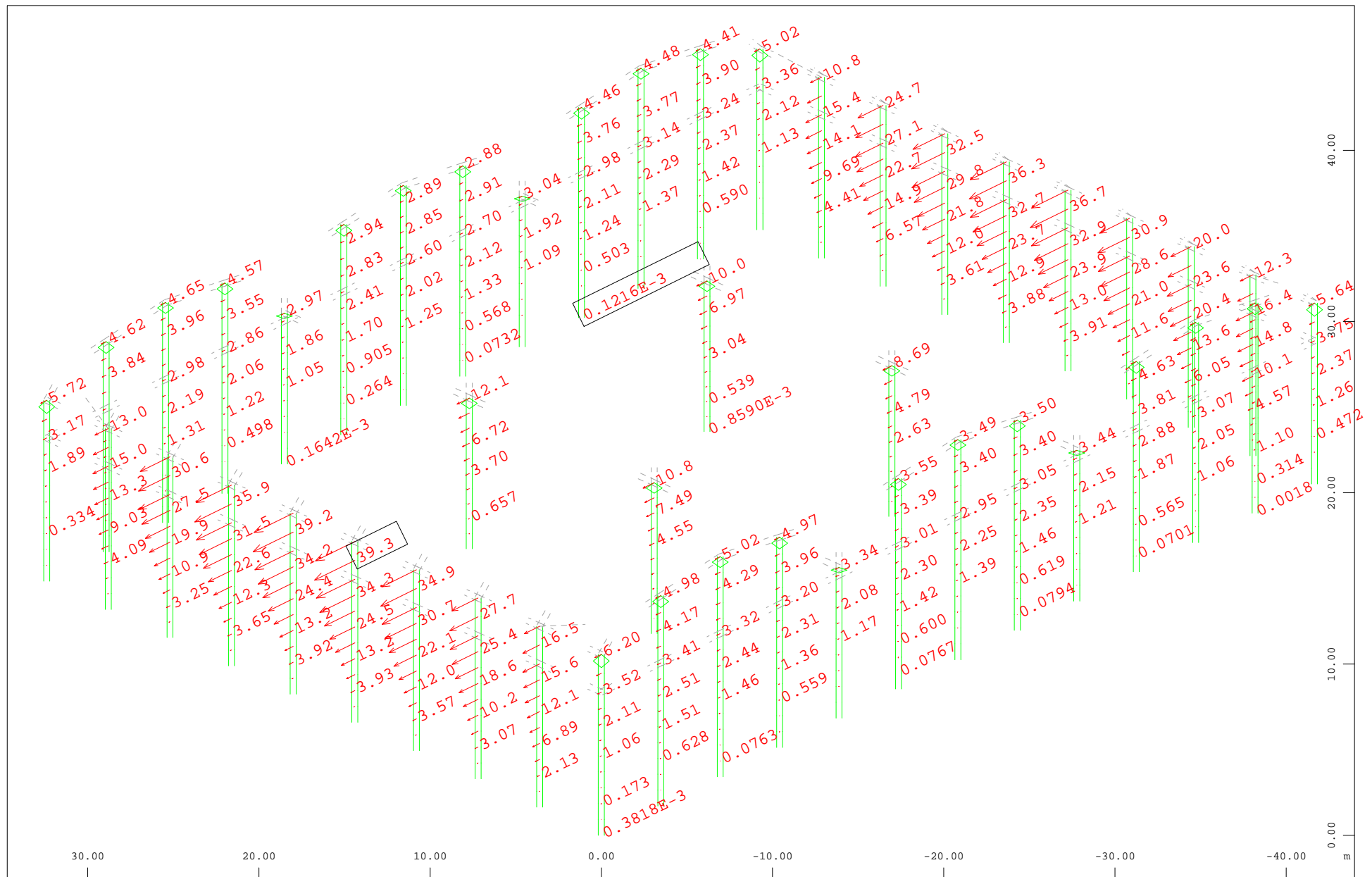
**2.A10. DESPLAZAMIENTOS DE LOS NUDOS.  
COMBINACIÓN CARACTERISTICA**



Sector of system Beam Elements Group 1...7  
 Nodal displacement in global X, Loadcase 202171 MAXR-UX NODE Desplazamientos , 1 cm 3D = 36.1 mm

➤ (Max=39.3)

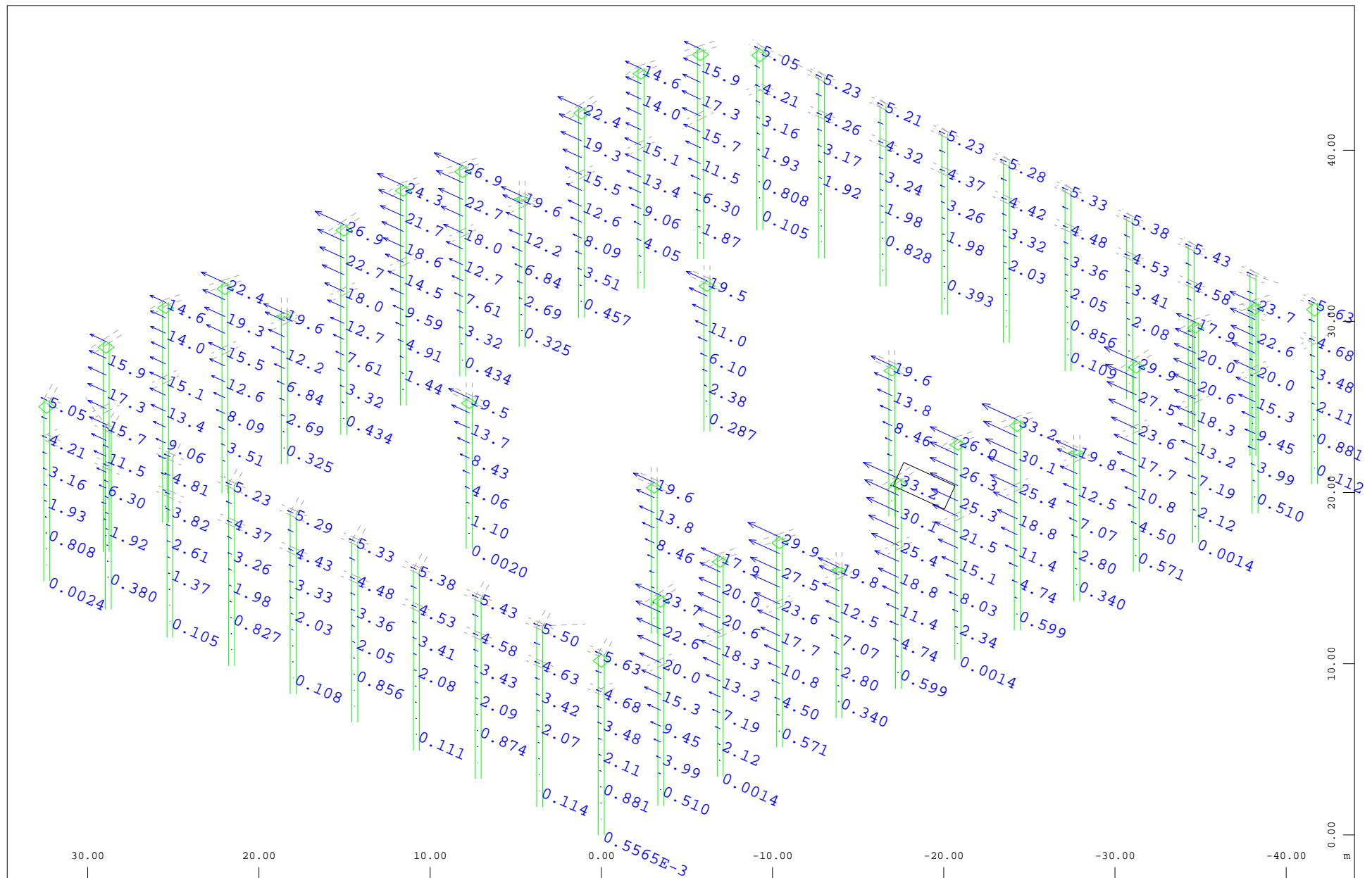
M 1 : 311  
 X \* 0.774  
 Y \* 0.792  
 Z \* 0.880



Sector of system Beam Elements Group 1...7  
 Nodal displacement in global X, Loadcase 202172 MINR-UX NODE Desplazamientos , 1 cm 3D = 36.1 mm

➤ (Min=-39.3) (Max=-1.2163e-04)

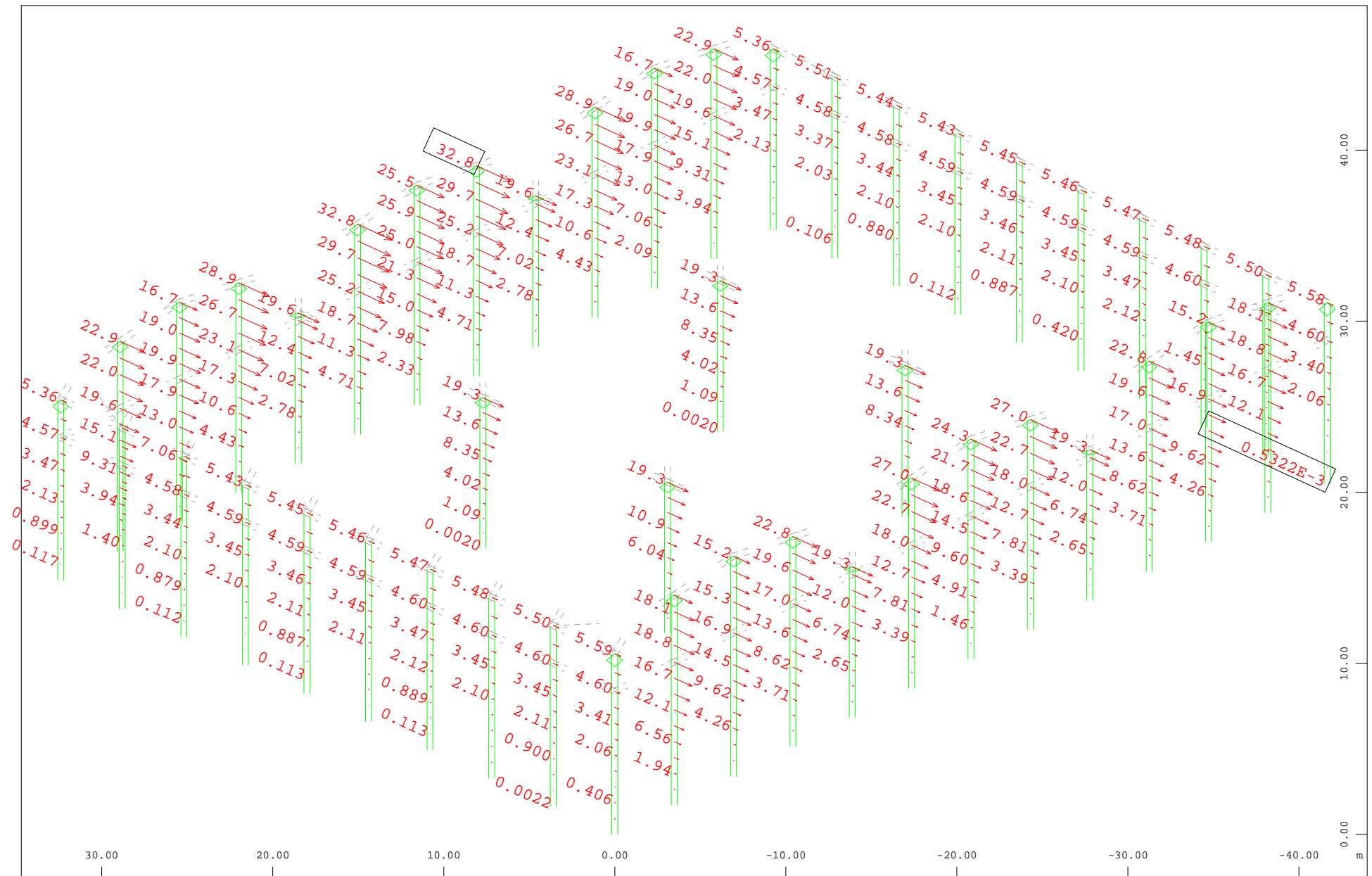
M 1 : 311  
 X \* 0.774  
 Y \* 0.792  
 Z \* 0.880



Sector of system Beam Elements Group 1...7  
 Nodal displacement in global Y, Loadcase 202173 MAXR-UY NODE Desplazamientos , 1 cm 3D = 36.1 mm

➤ (Max=33.2)

M 1 : 311  
 X \* 0.774  
 Y \* 0.792  
 Z \* 0.880

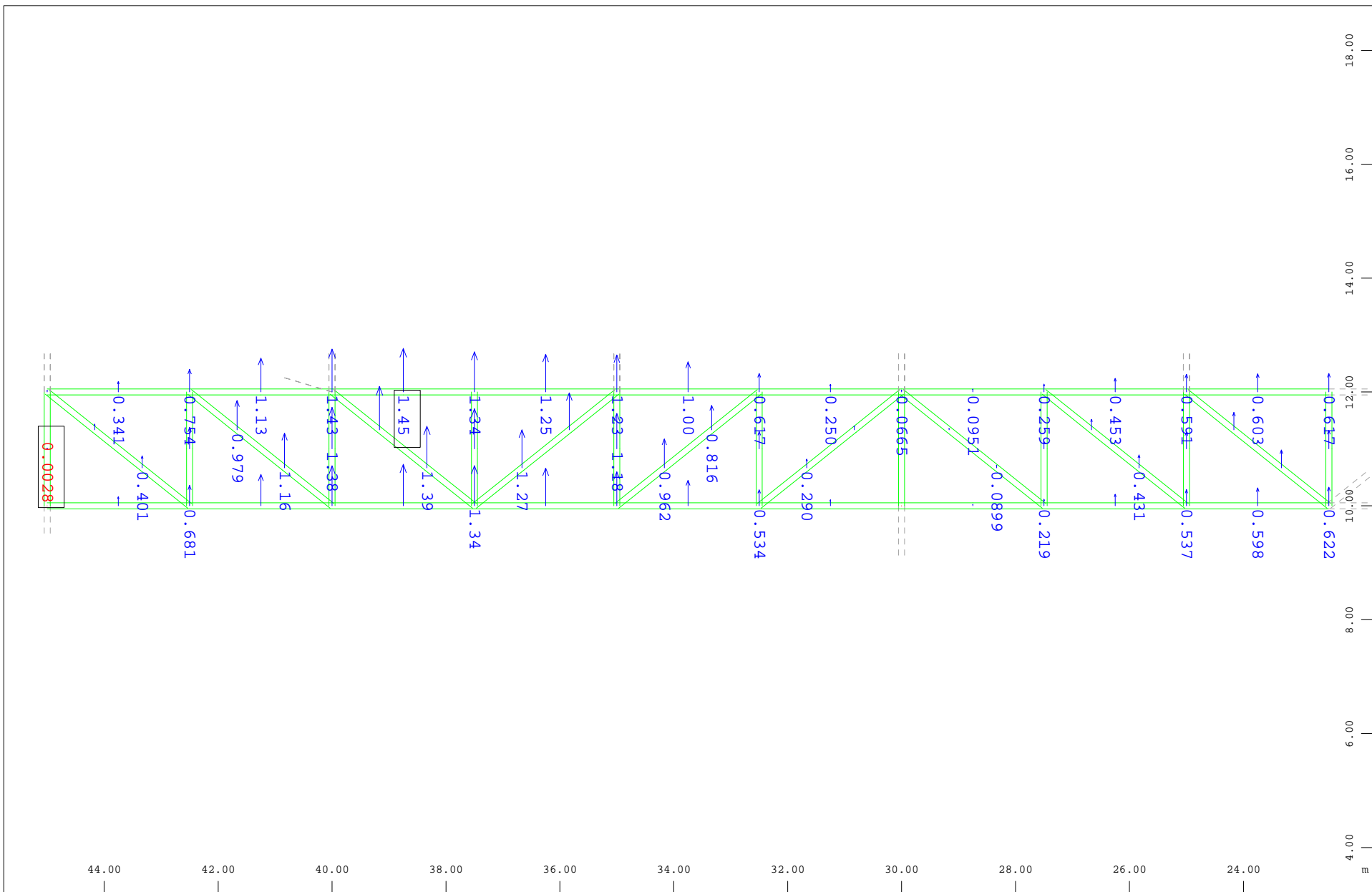


Sector of system Beam Elements Group 1...7  
 Nodal displacement in global Y, Loadcase 202174 MINR-UY NODE Desplazamientos , 1 cm 3D = 36.1 mm

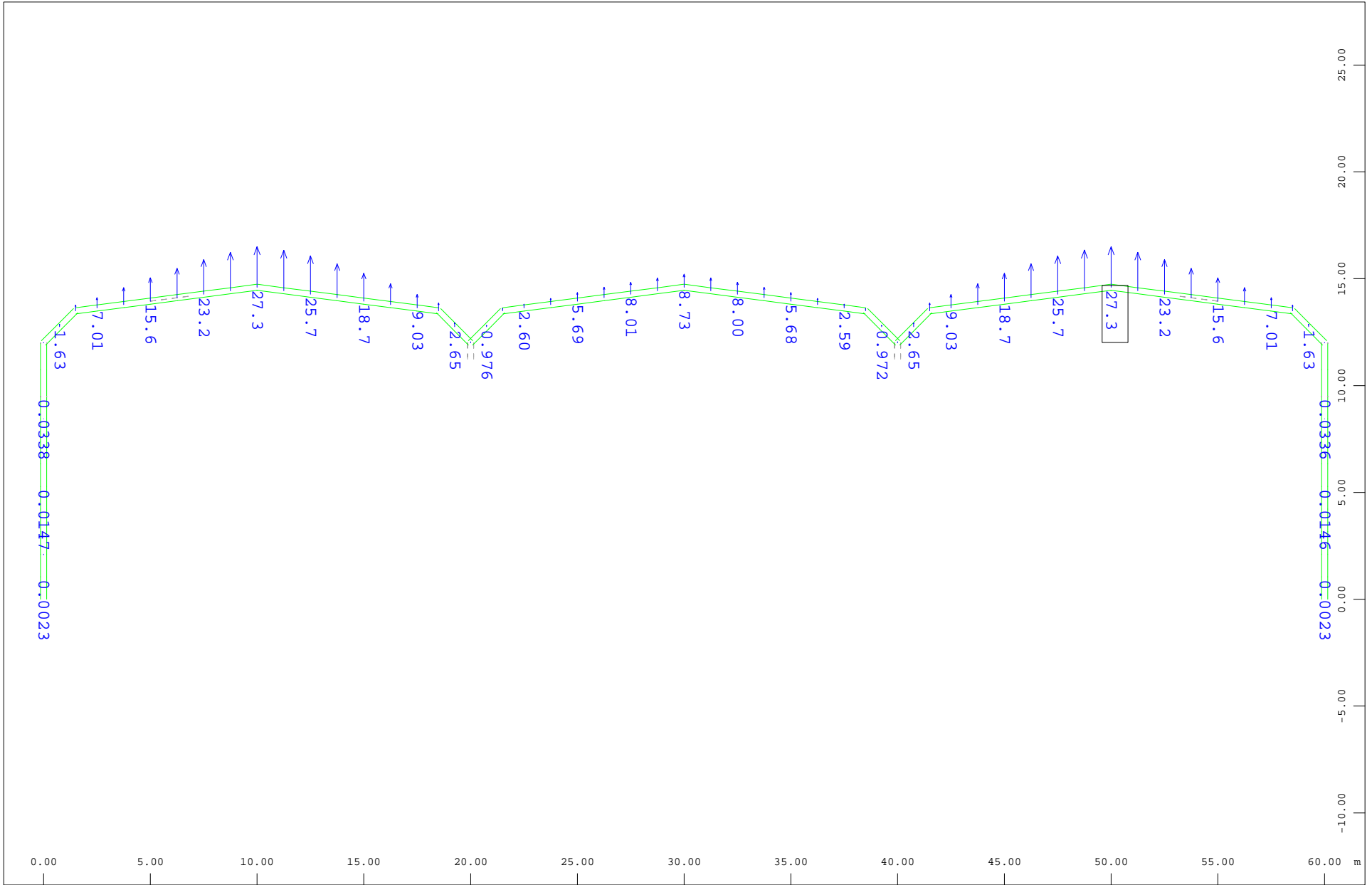
(Min=-32.8) (Max=-7.1858e-06)

M 1 : 311  
 X \* 0.774  
 Y \* 0.792  
 Z \* 0.880









Sector of system Beam Elements Group 4 6 110

Nodal displacement in global Z, Loadcase 202175 MAXR-UZ NODE Desplazamientos , 1 cm 3D = 36.1 mm

(Max=27.3)

M 1 : 252



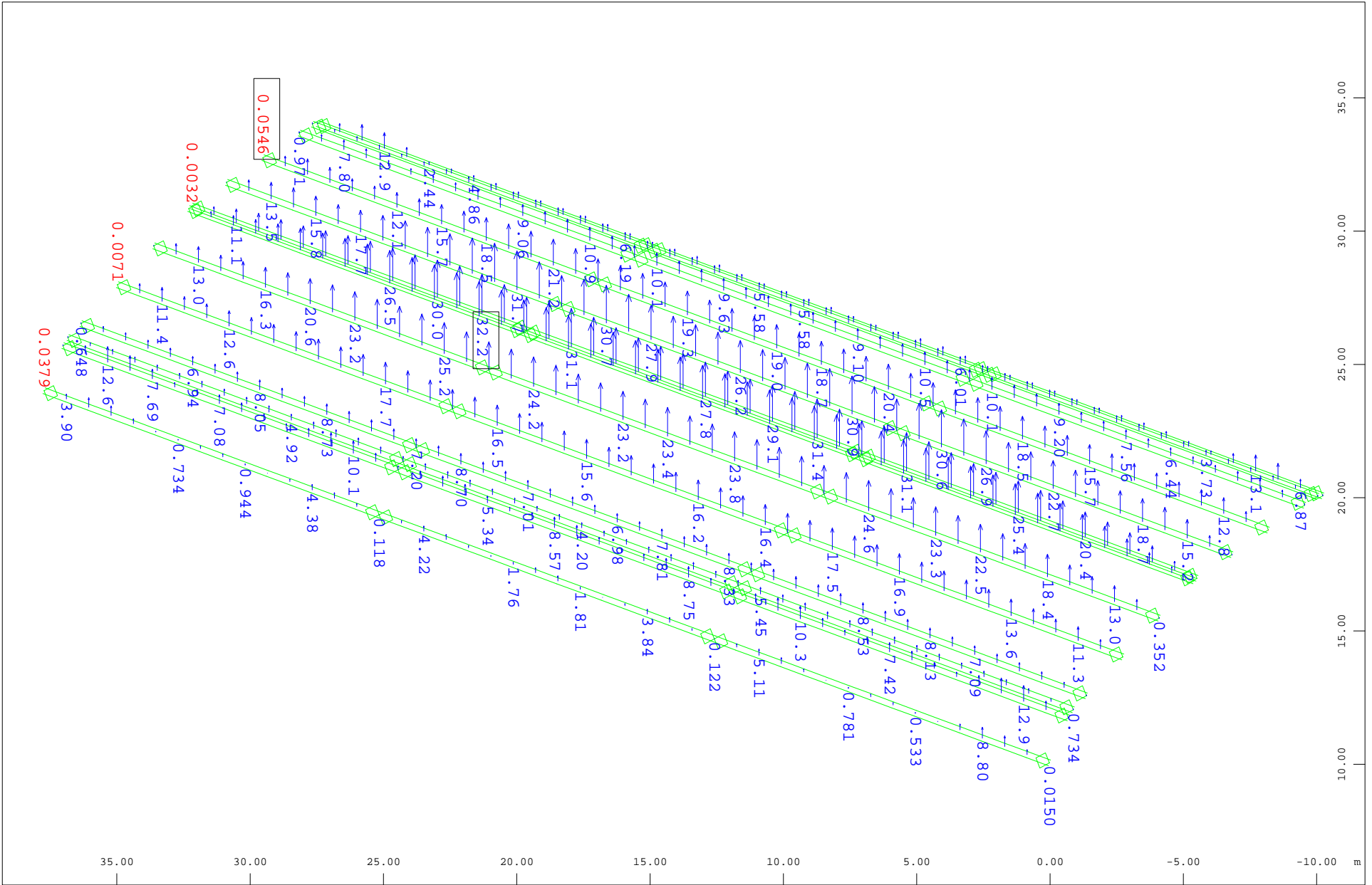
Z  
X

Sector of system Beam Elements Group 4 6 110

Nodal displacement in global Z, Loadcase 202176 MINR-UZ NODE Desplazamientos , 1 cm 3D = 90.2 mm

➤ (Min=-58.1) (Max=-0.0048)

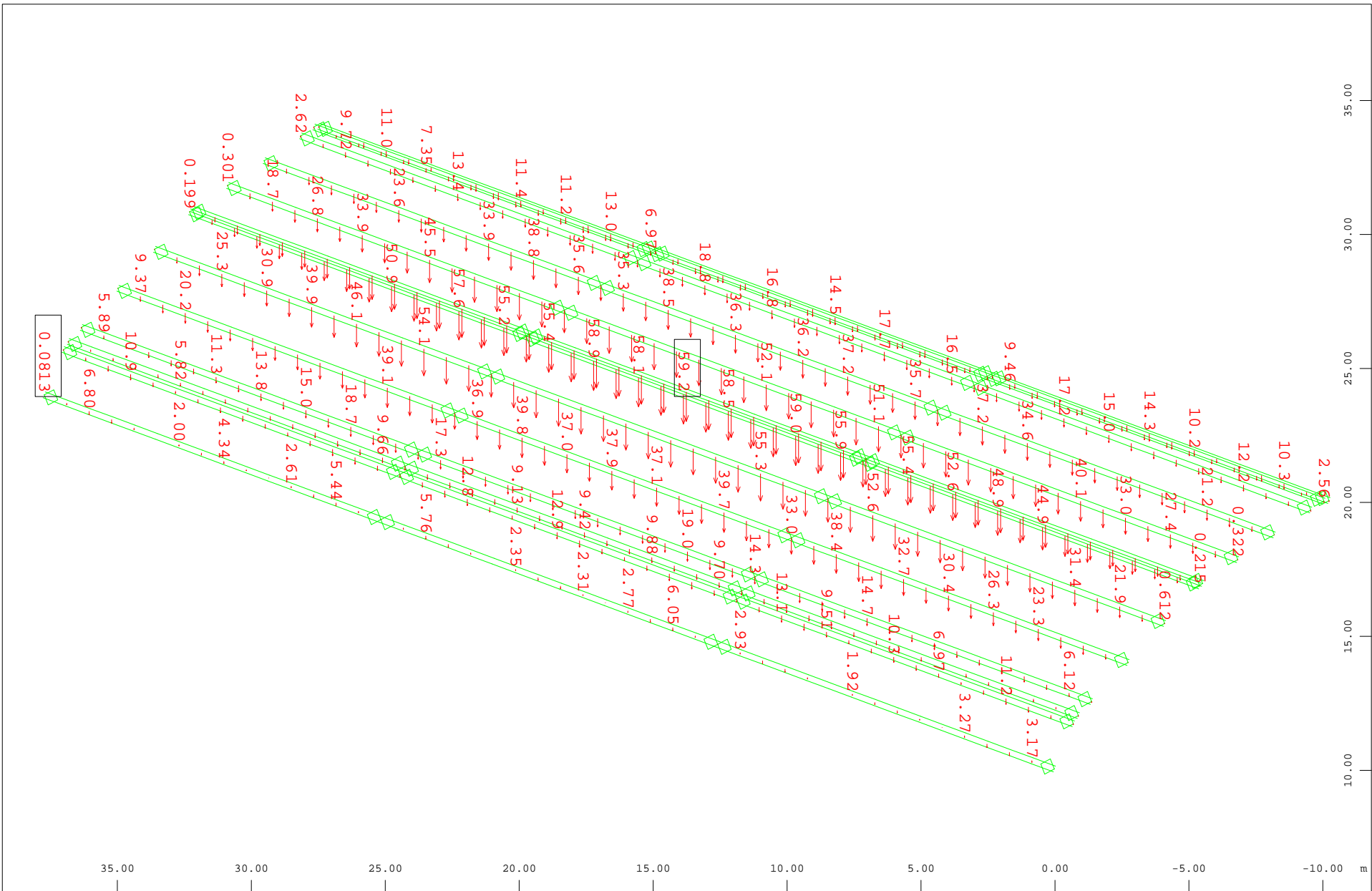
M 1 : 252



Sector of system Group 115  
 Nodal displacement in global Z, Loadcase 202175 MAXR-UZ NODE Desplazamientos , 1 cm 3D = 36.1 mm

(Min=-0.0546) (Max=32.2)

M 1 : 202  
 X \* 0.725  
 Y \* 0.894  
 Z \* 0.823

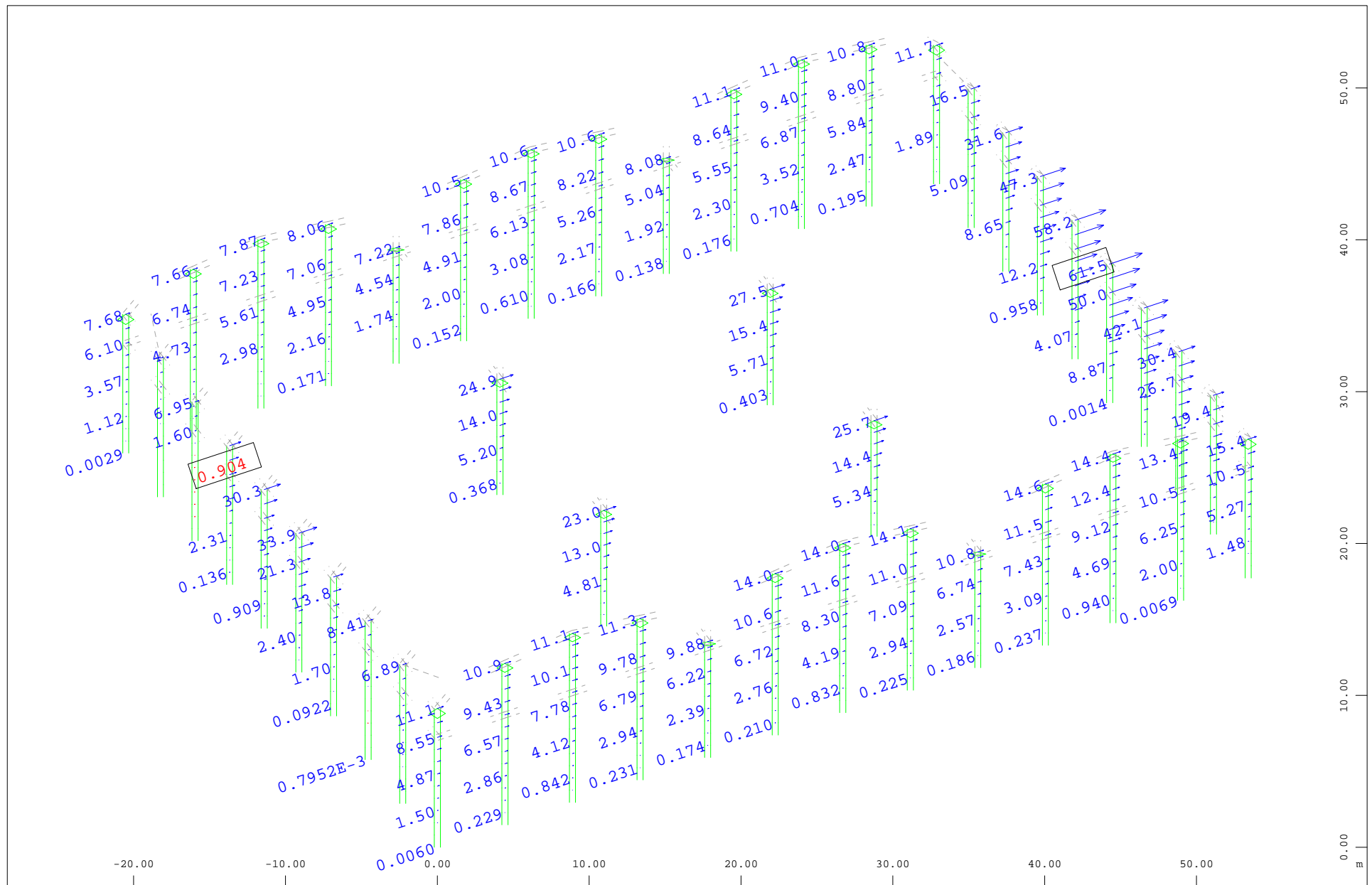


Sector of system Group 115  
 Nodal displacement in global Z, Loadcase 202176 MINR-UZ NODE Desplazamientos , 1 cm 3D = 90.2 mm

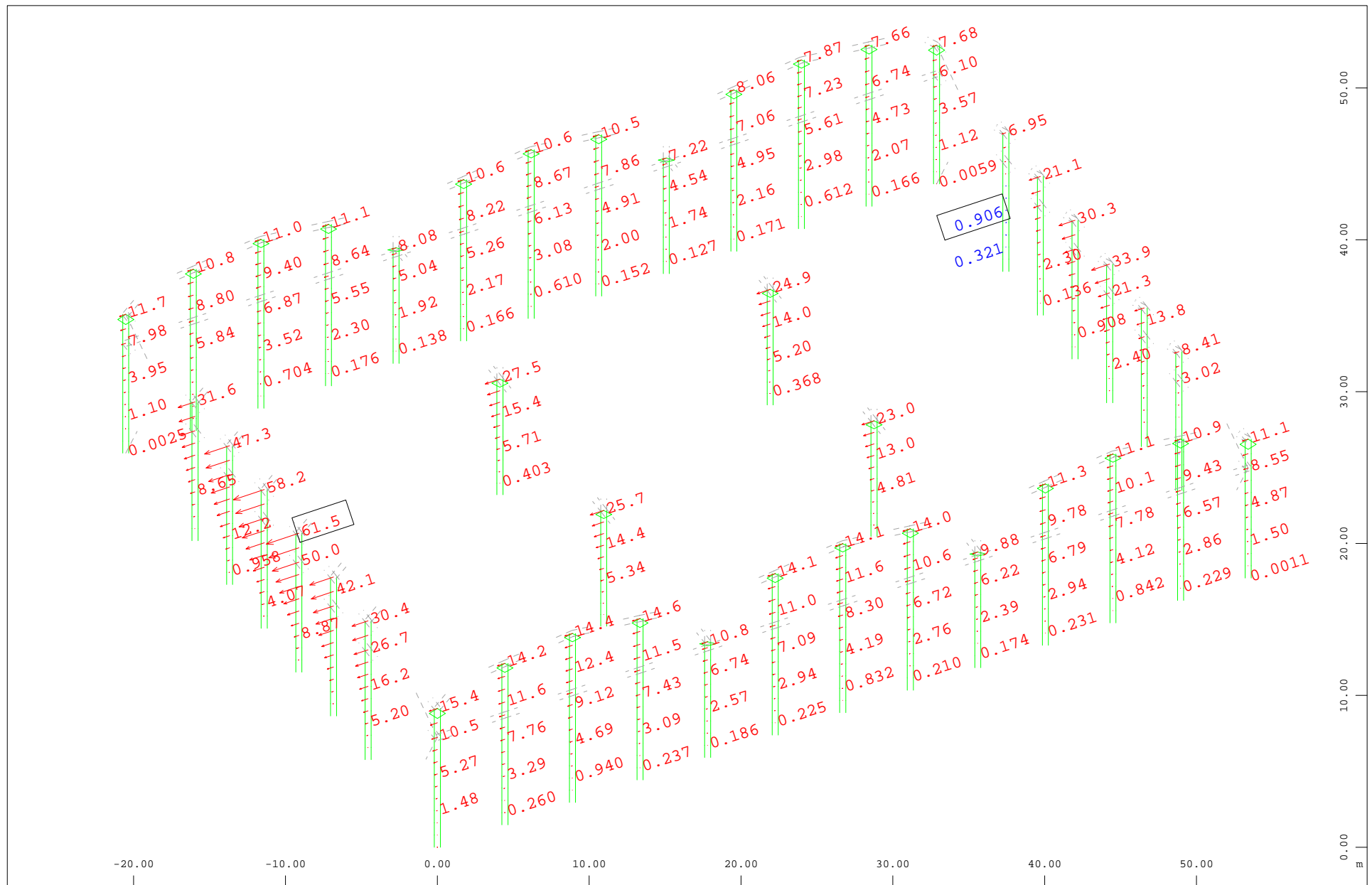
(Min=-59.2) (Max=-0.0813)

M 1 : 202  
 X \* 0.725  
 Y \* 0.894  
 Z \* 0.823

**2.A11. DESPLAZAMIENTOS DE LOS NUDOS EN  
SITUACIÓN SISMICA (ESPECTRO DE RESPUESTA  
ELASTICO)**



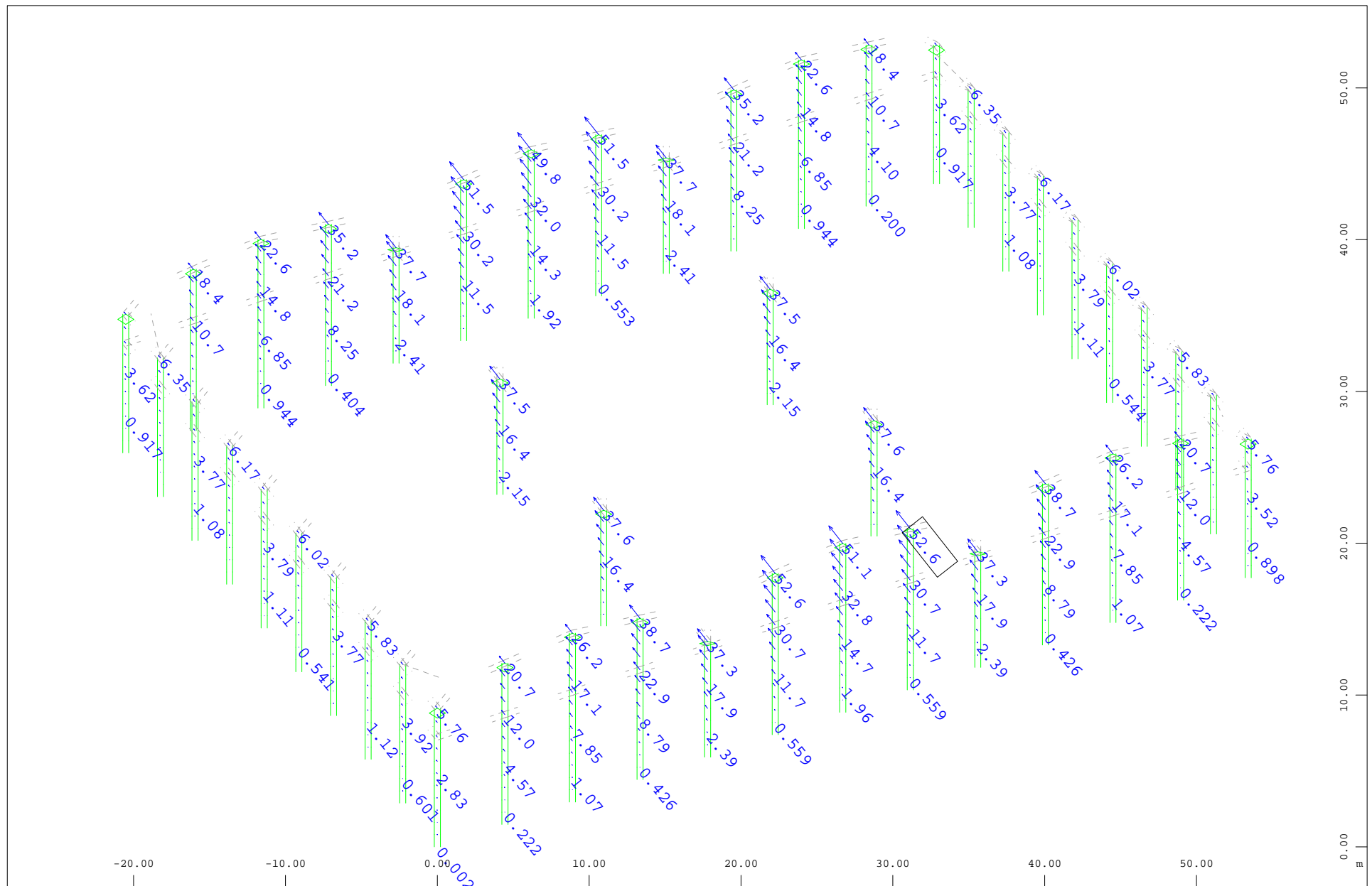




Sector of system Beam Elements Group 1...3 5...7  
 Nodal displacement in global X, Loadcase 300172 MINE-UX NODE Nodal Displacements , 1 cm 3D = 90.2 mm

➤ (Min=-61.5) (Max=0.906)

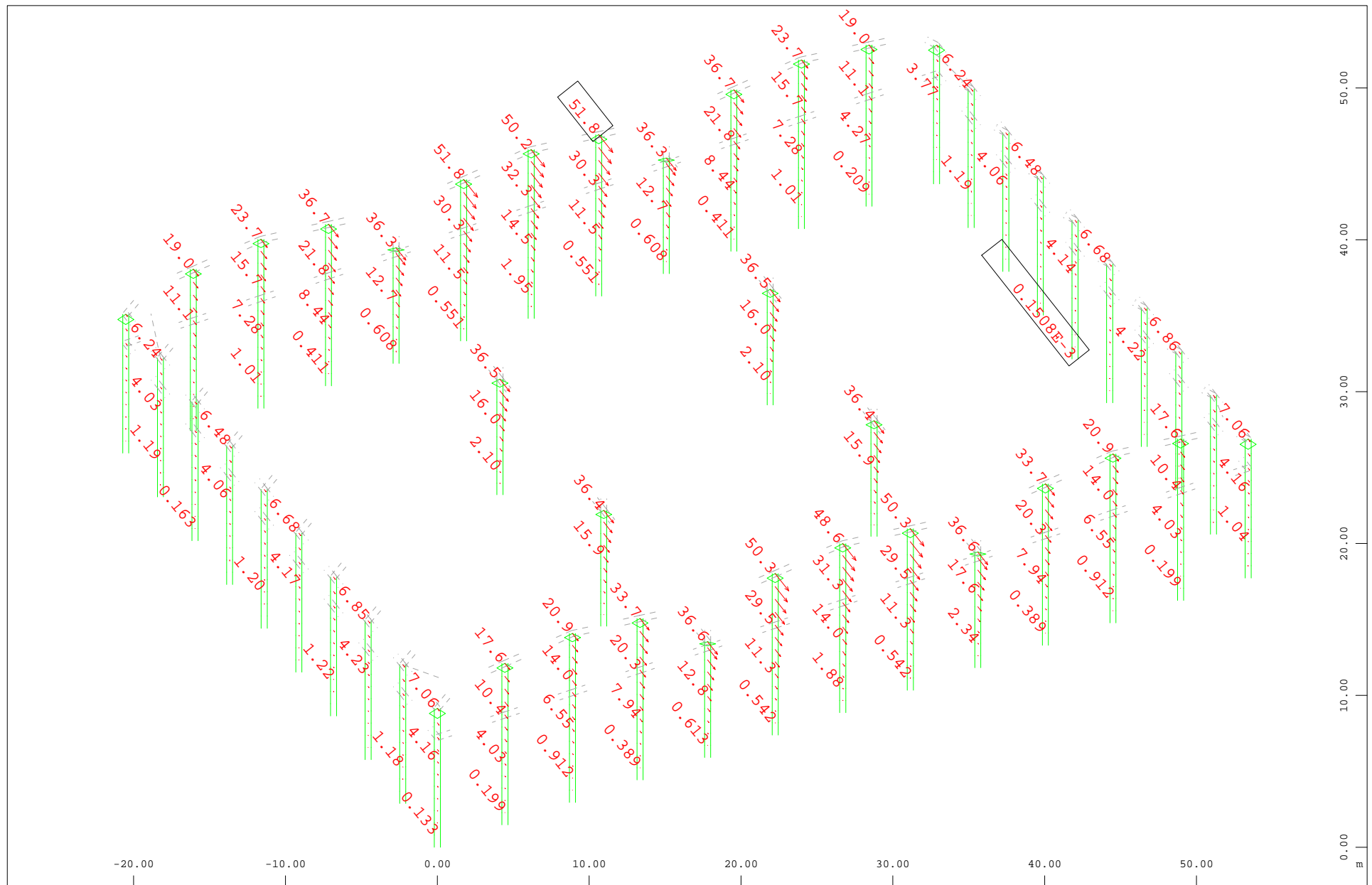
M 1 : 354  
 X \* 0.938  
 Y \* 0.735  
 Z \* 0.762



Sector of system Beam Elements Group 1...7  
 Nodal displacement in global Y, Loadcase 300173 MAXE-UY NODE Nodal Displacements , 1 cm 3D = 90.2 mm

(Max=52.6)

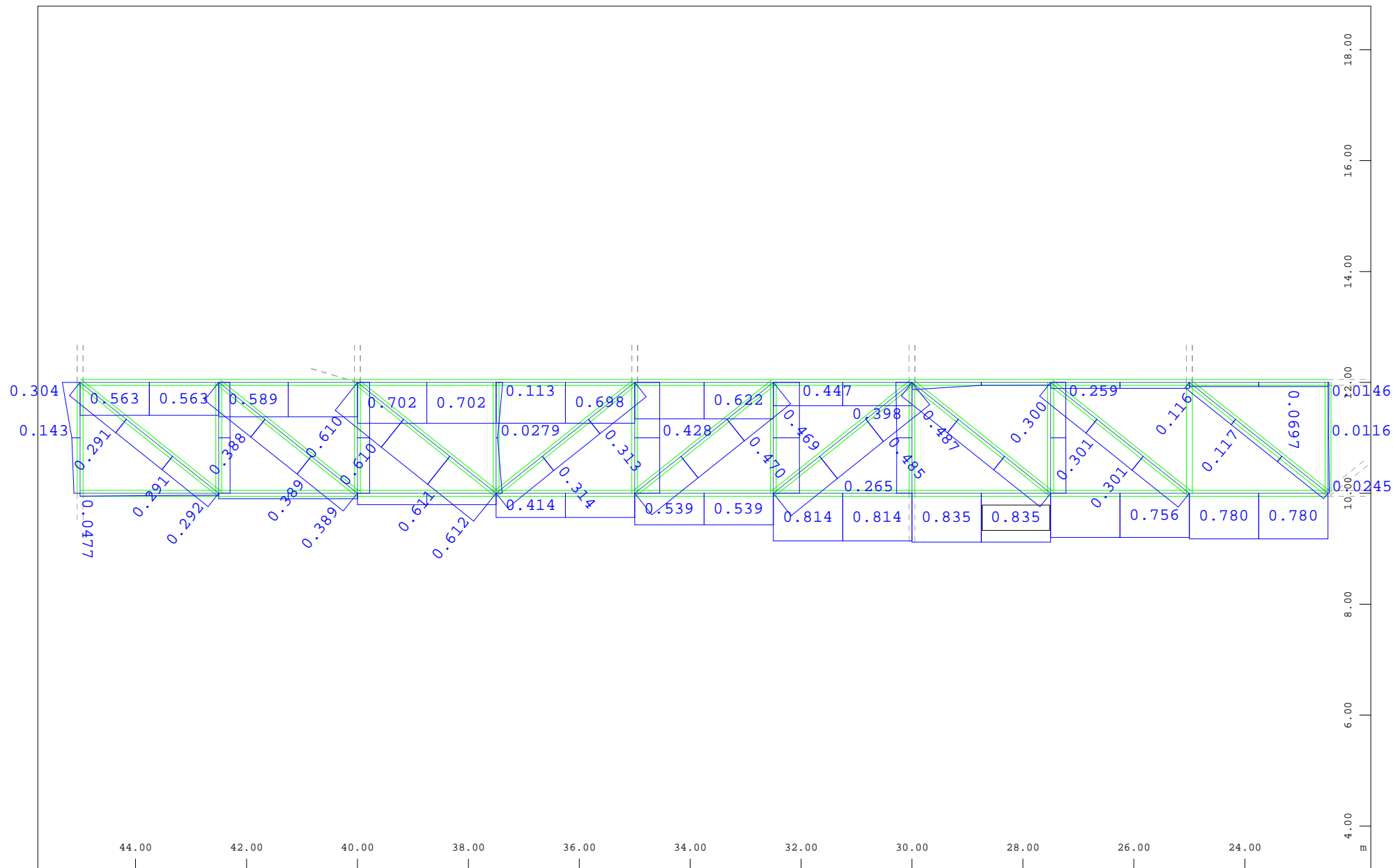
M 1 : 354  
 X \* 0.938  
 Y \* 0.735  
 Z \* 0.762



Sector of system Beam Elements Group 1...7  
 Nodal displacement in global Y, Loadcase 300174 MINE-UY NODE Nodal Displacements , 1 cm 3D = 90.2 mm  
 (Max=-1.5076e-04)

➤ (Min=-51.8)

M 1 : 354  
 X \* 0.938  
 Y \* 0.735  
 Z \* 0.762

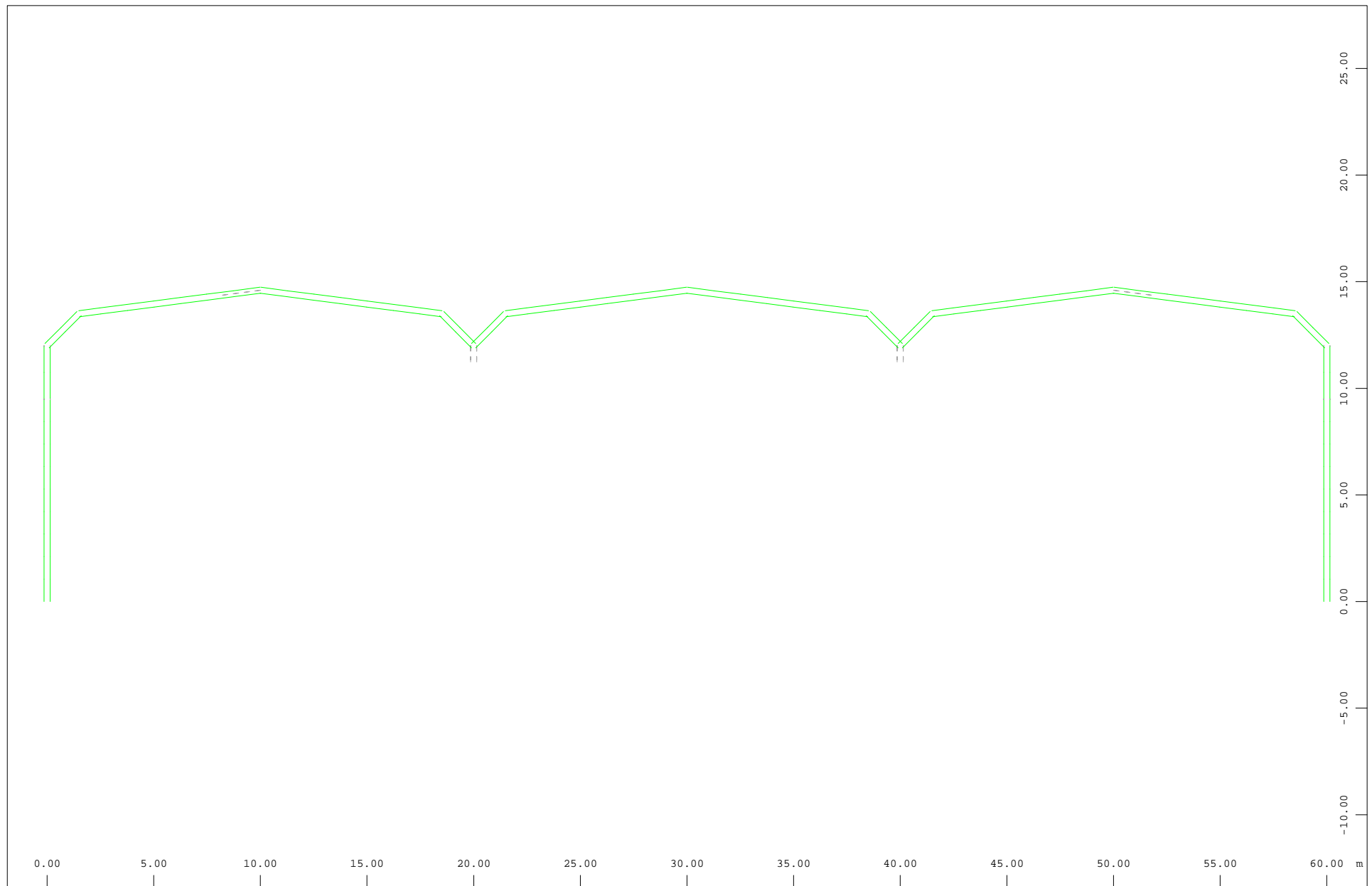


z  
y → x

Sector of system Beam Elements Group 101...105

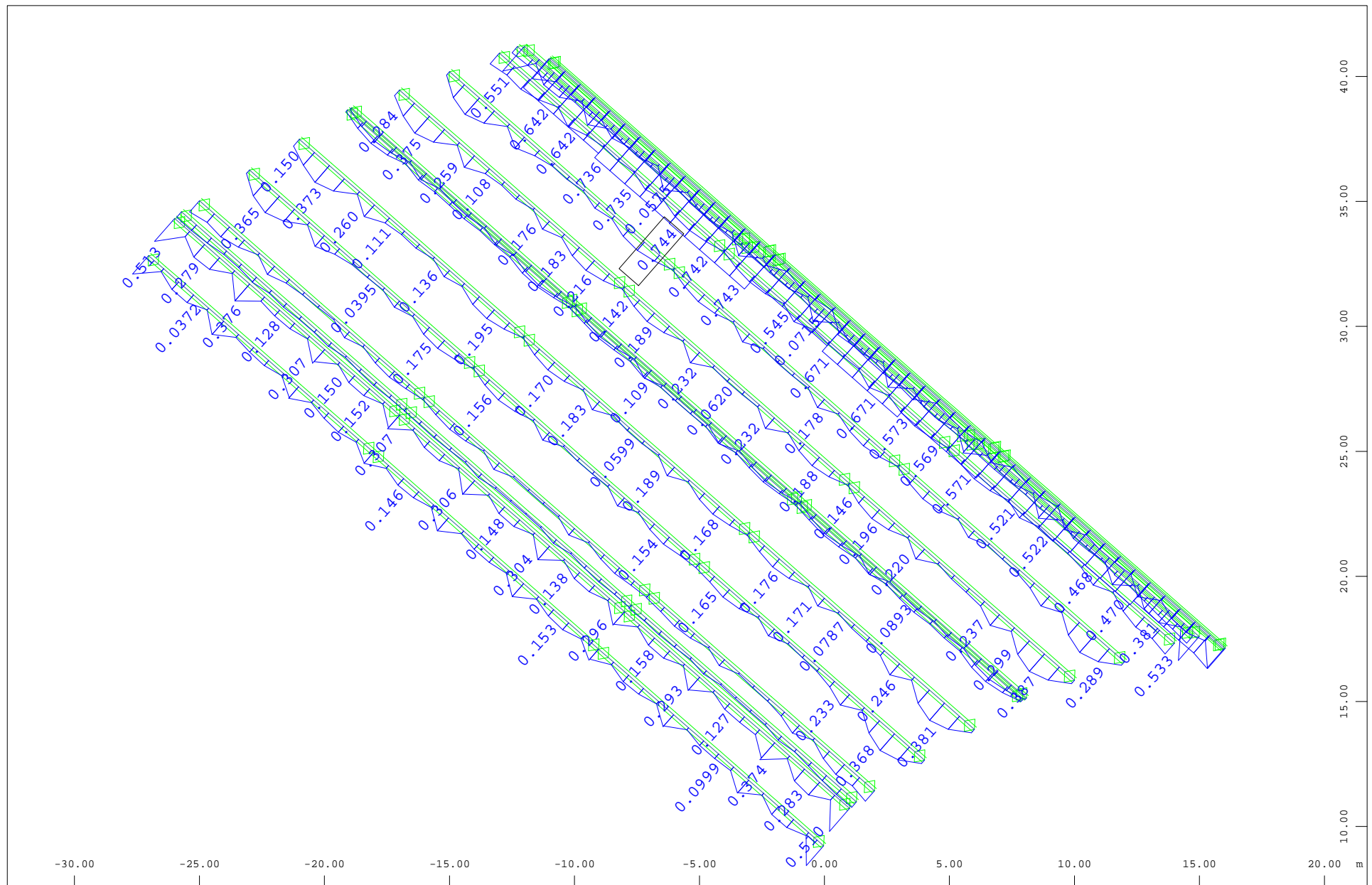
Beam Elements , Utilisation level Decisive - Total, Design Case 901 GlobalMAX SIGMA , 1 cm 3D = 0.902 (Max=0.835)

M 1 : 95



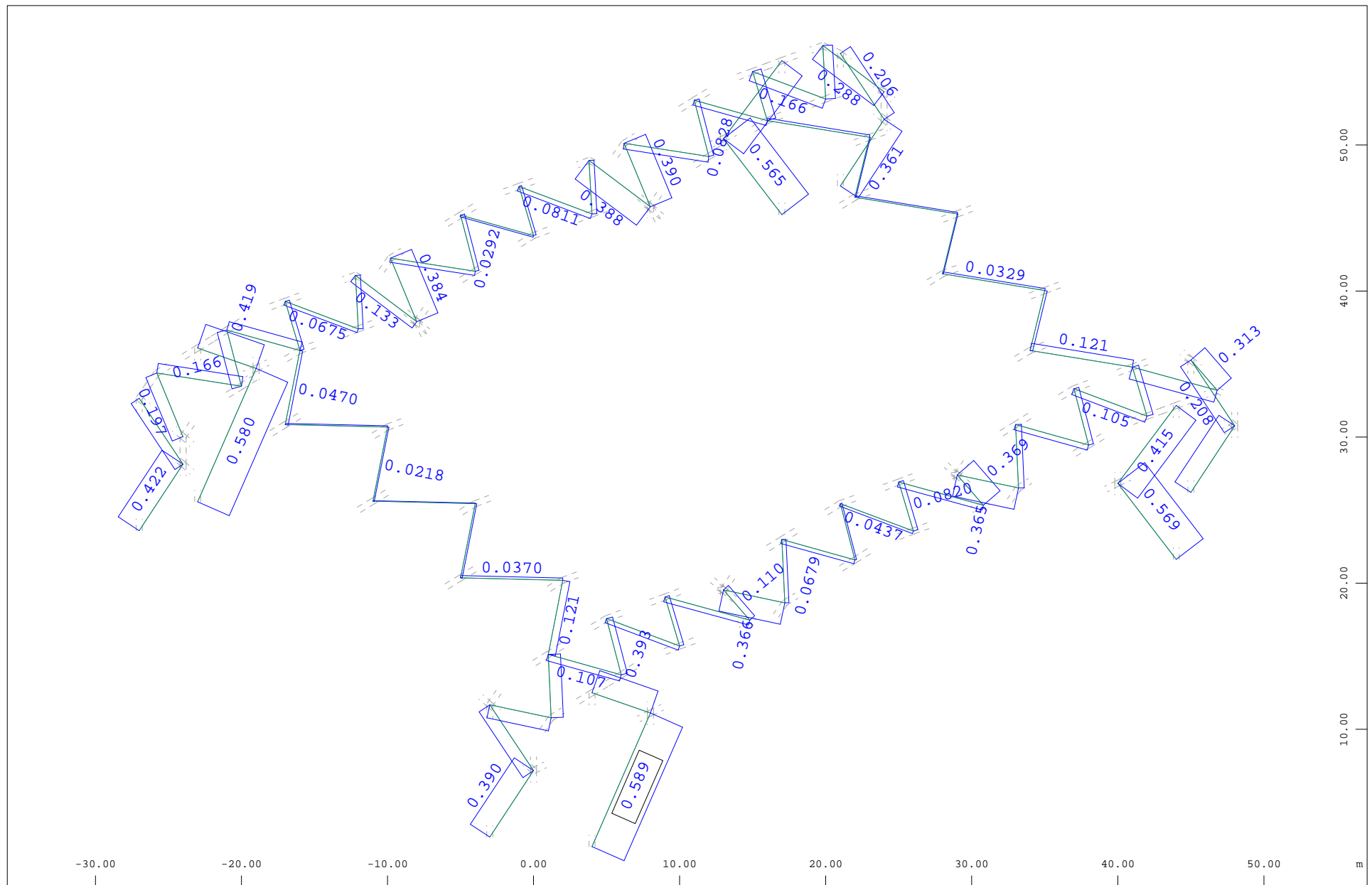
Sector of system Beam Elements Group 4 6 110  
Beam Elements , Utilisation level Decisive - Total LC 901: NO values found

M 1 : 252



Sector of system Group 115  
 Beam Elements , Utilisation level Decisive - Total, Design Case 901 GlobalMAX SIGMA , 1 cm 3D = 0.902 (Max=0.744)

M 1 : 215  
 X \* 0.891  
 Y \* 0.797  
 Z \* 0.755



Sector of system Truss Elements  
 Truss Elements , Utilisation level Decisive - Total, Design Case 901 GlobalMAX SIGMA , 1 cm 3D = 0.902 (Max=0.589)

M 1 : 368  
 X \* 0.891  
 Y \* 0.797  
 Z \* 0.755

### **ANEJO 3.A: Cálculos SOFISTIK Nave 3, Dientes de Sierra.**



**3.A1. ESTRUCTURA**

**3.A2. GRUPOS PILARES Y ARRIOTRAMIENTOS**

**3.A2.1 Número de grupos**

**3.A2.2 Material de las barras**

**3.A2.3 Secciones de las barras**

**3.A3. GRUPOS CERCHAS PARALELAS DIR. X**

**3.A3.1 Número de grupos**

**3.A3.2 Material de las barras**

**3.A3.3 Secciones de las barras**

**3.A4. GRUPOS CERCHAS PARALELAS DIR. Y (Cuchillos)**

**3.A4.1 Número de grupos**

**3.A4.2 Material de las barras**

**3.A4.3 Secciones de las barras**

**3.A5. GRUPOS CORREAS**

**3.A5.1 Número de grupos**

**3.A5.2 Material de las barras**

**3.A5.3 Secciones de las barras**

**3.A6. GRUPOS VIGAS**

**3.A6.1 Número de grupos**

**3.A6.2 Material de las barras**

**3.A6.3 Secciones de las barras**

**3.A7. CASOS DE CARGA**

**3.A8. ENVOLVENTE DE ESFUERZOS. SITUACIONES PESISTENTES Y TRANSITORIOAS (ELU)**

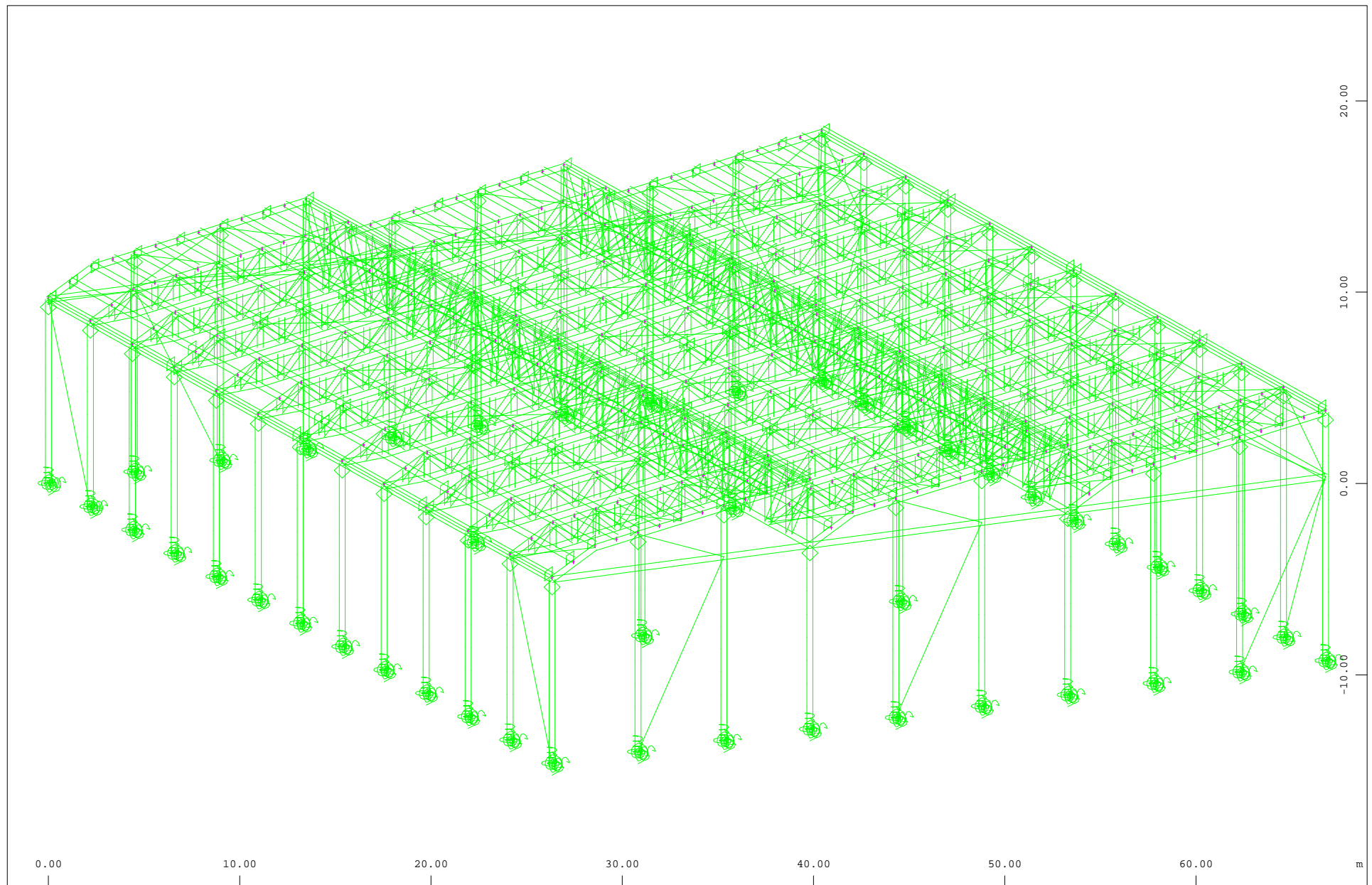
**3.A9. ENVOLVENTE DE ESFUERZOS SITUACIÓN SISMICA**

**3.A10. DESPLAZAMIENTOS DE LOS NUDOS. COMBINACIÓN CARACTERISTICA**

**3.A11. DESPLAZAMIENTOS DE LOS NUDOS EN SITUACIÓN SISMICA (ESPECTRO DE RESPUESTA ELASTICO)**

**3.A12. DISEÑO DE BARRAS. COEFICIENTE DE AGOTAMIENTO DE LAS BARRAS**

### **3.A1. ESTRUCTURA**



Structure  
Z  
Y  
X

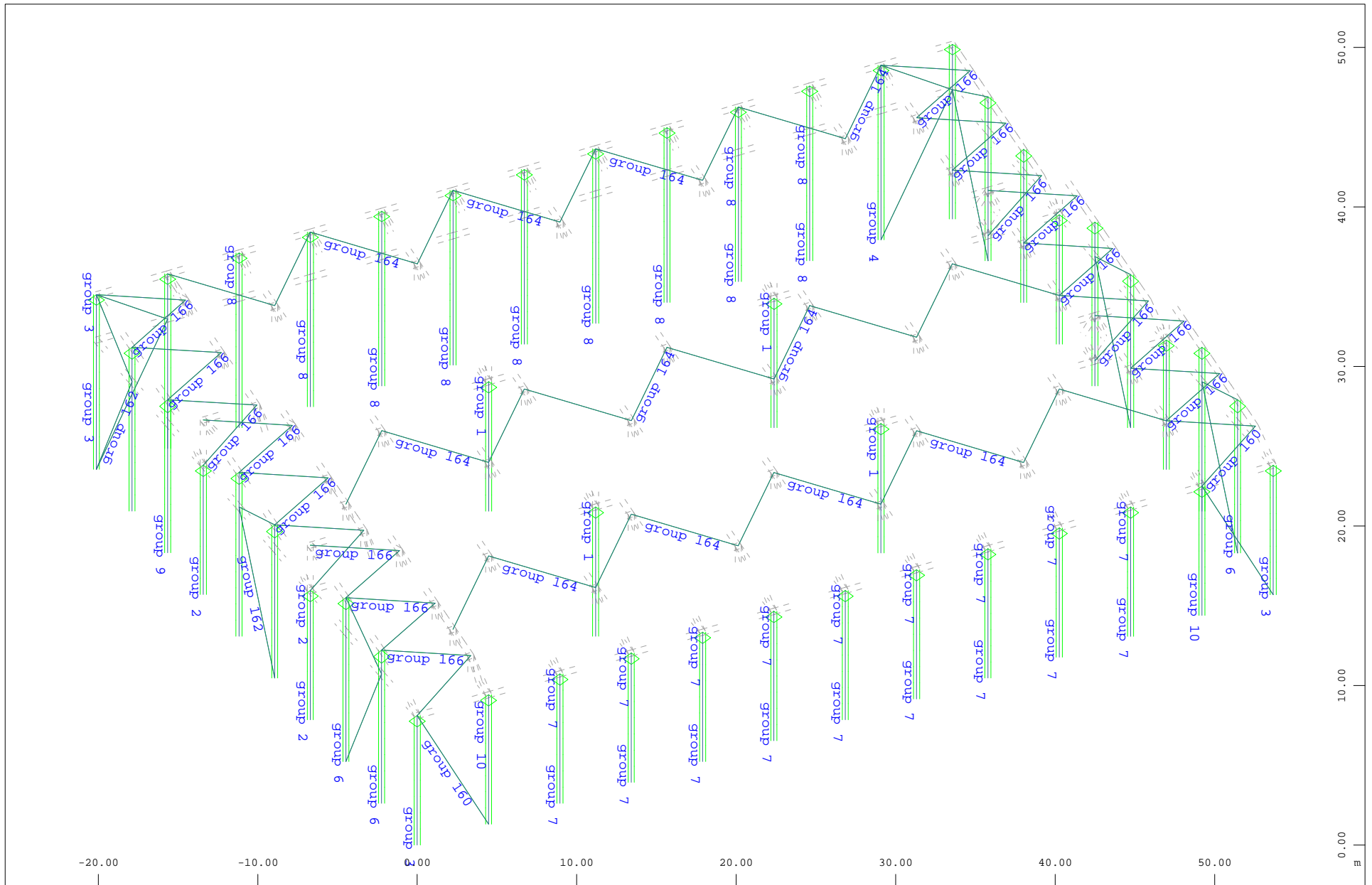
M 1 : 281  
X \* 0.502  
Y \* 0.906  
Z \* 0.962

### **3.A2. GRUPOS PILARES Y ARRIOTRAMIENTOS**

**3.A.2.1 Número de grupos**

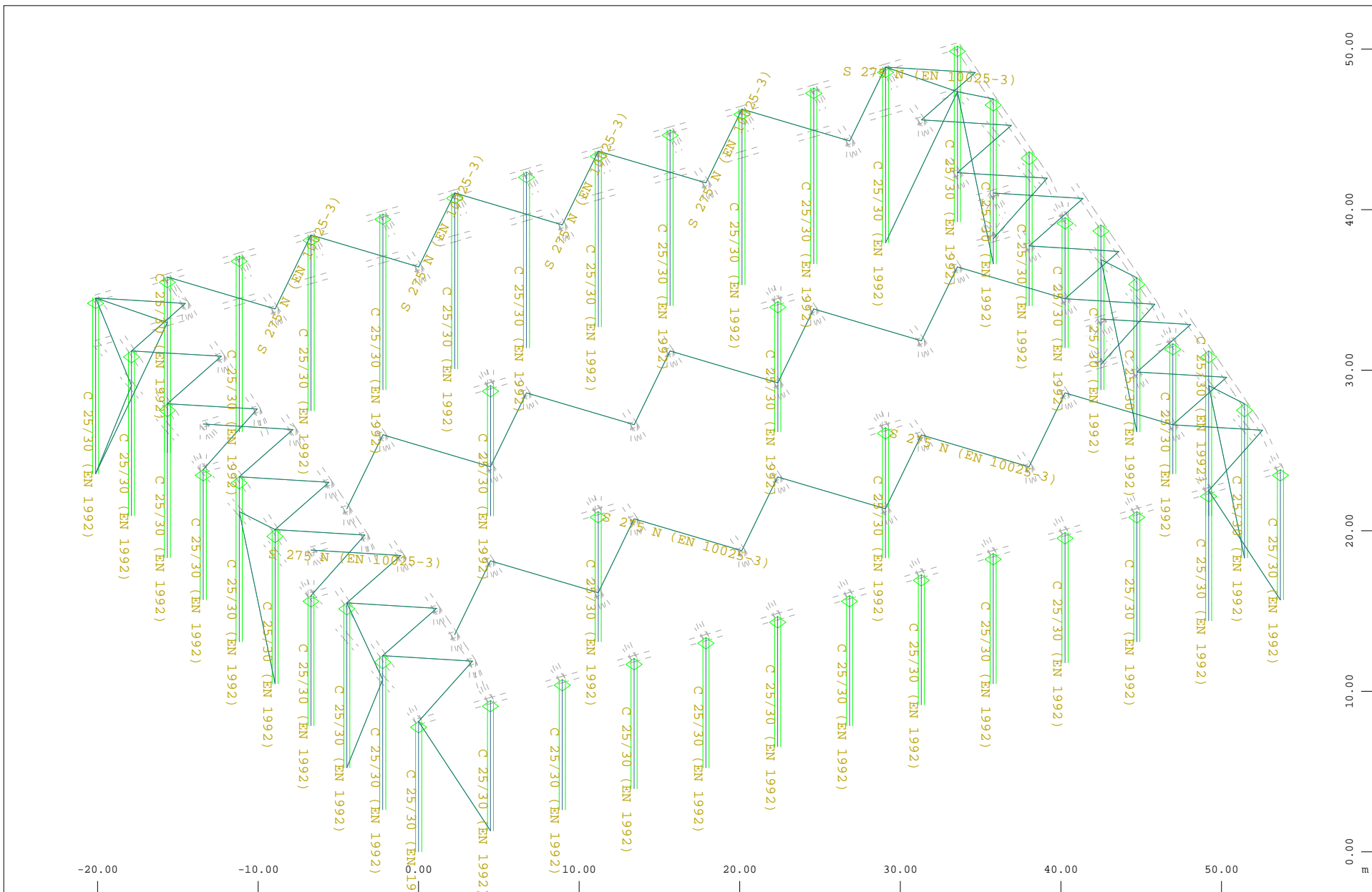
**3.A.2.2 Material de las barras**

**3.A.2.3 Secciones de las barras**



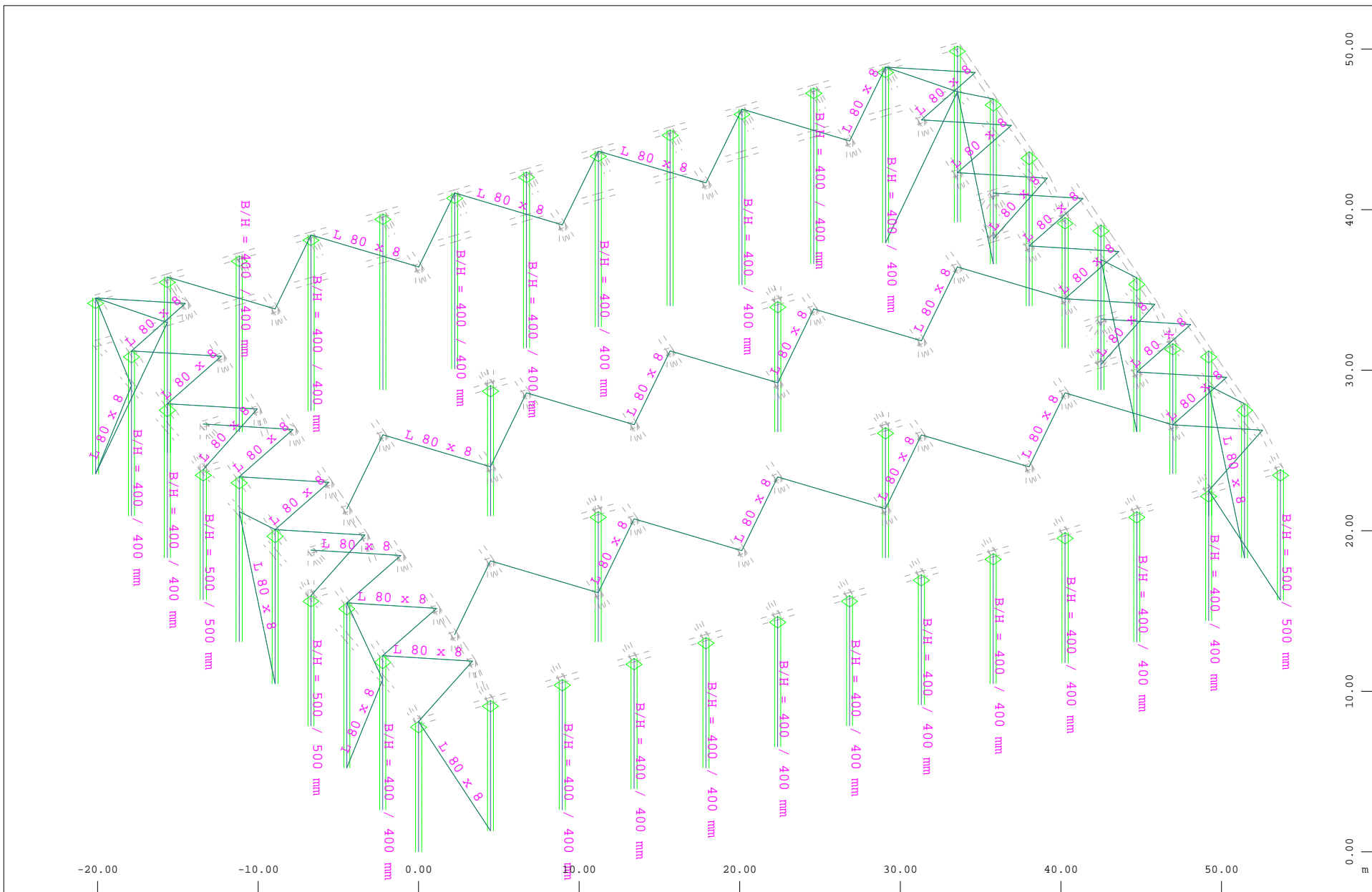
Sector of system Group 1...10 160 162 164 166  
 Designation of groups, Beam Elements, Truss Elements

M 1 : 337  
 X \* 0.932  
 Y \* 0.688  
 Z \* 0.811



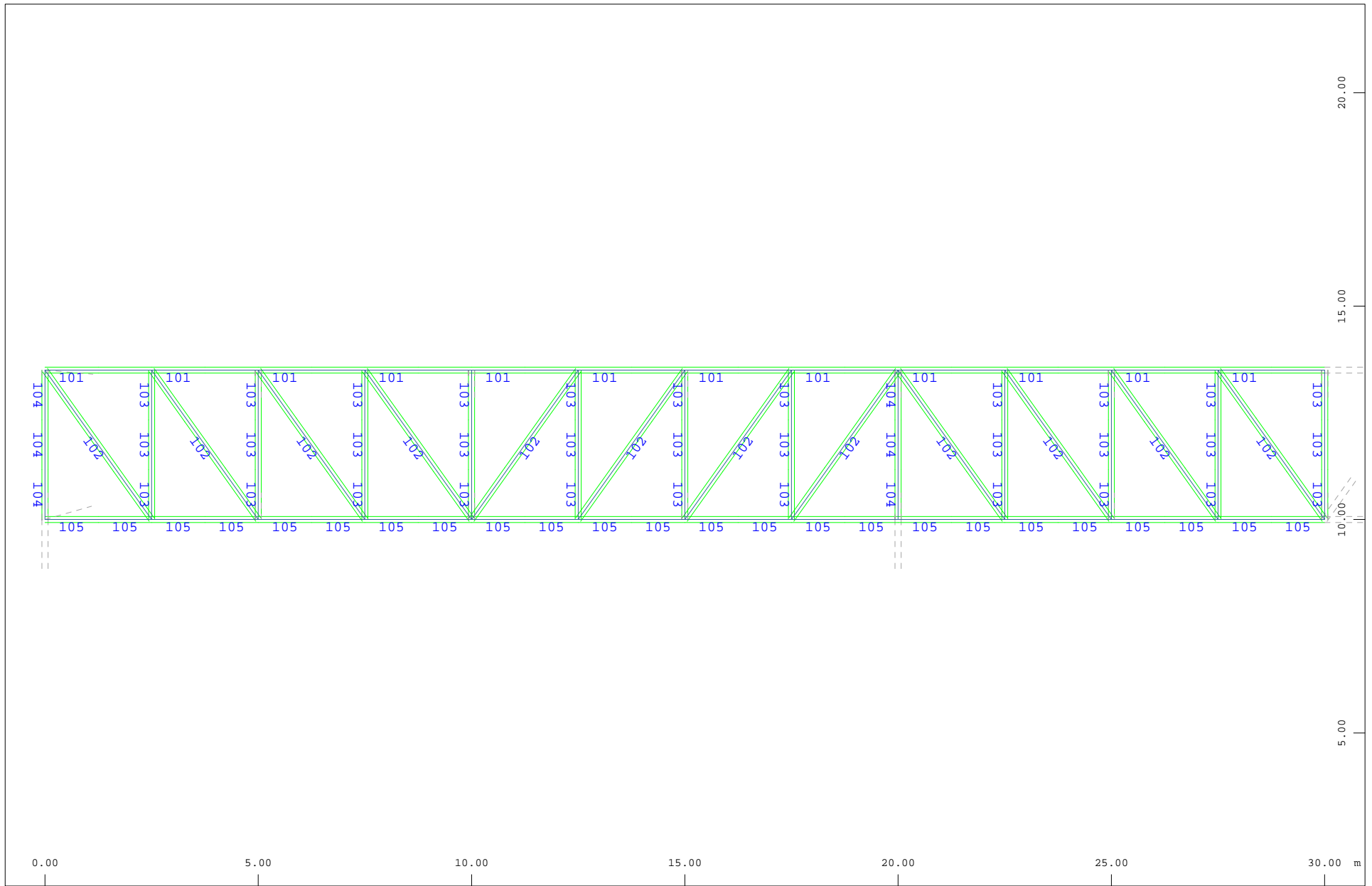
Sector of system Group 1...10 160 162 164 166  
 Material designations, Beam Elements, Truss Elements

M 1 : 337  
 X \* 0.932  
 Y \* 0.688  
 Z \* 0.811



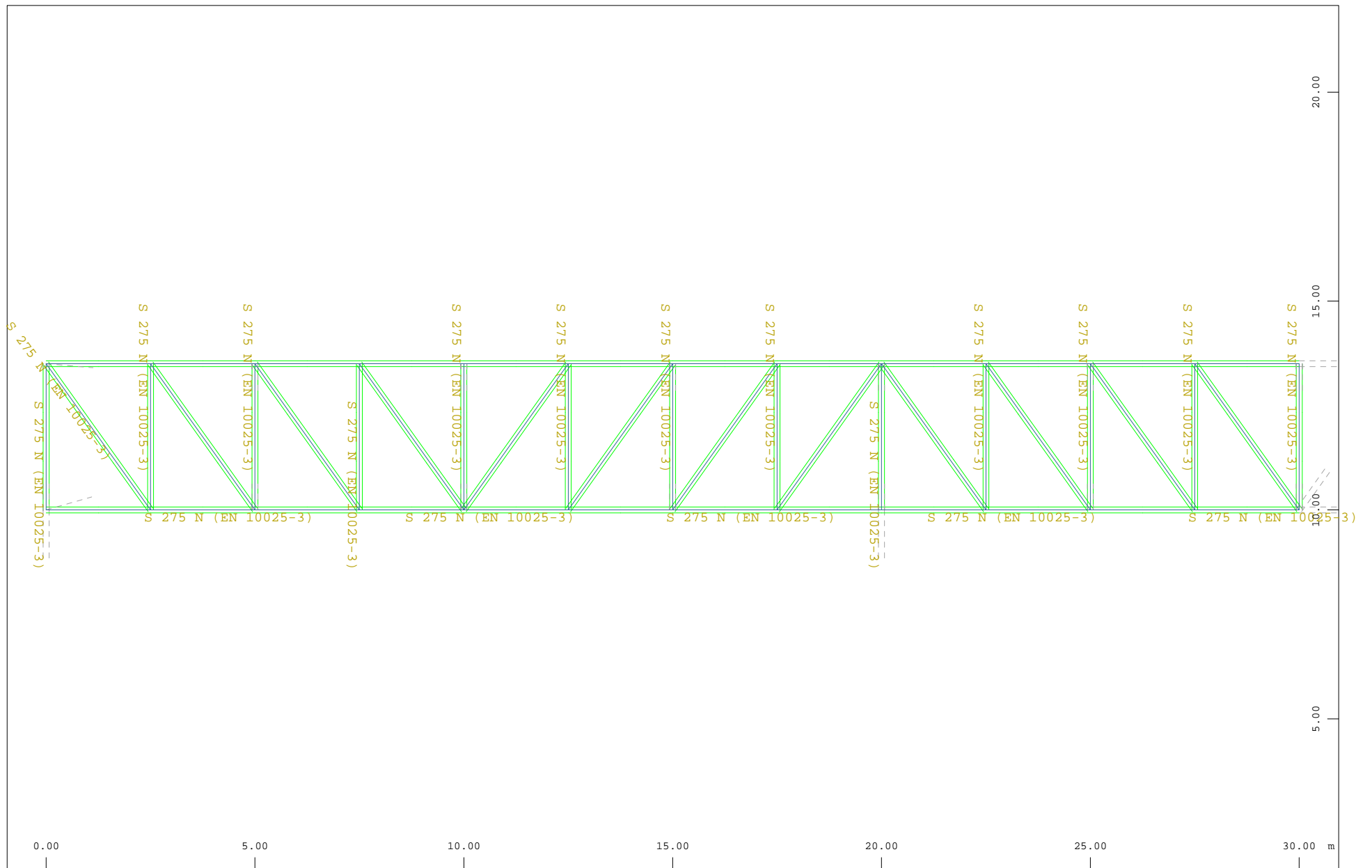
Sector of system Group 1...10 160 162 164 166  
 Sectional Designations, Beam Elements, Truss Elements

M 1 : 337  
 X \* 0.932  
 Y \* 0.688  
 Z \* 0.811

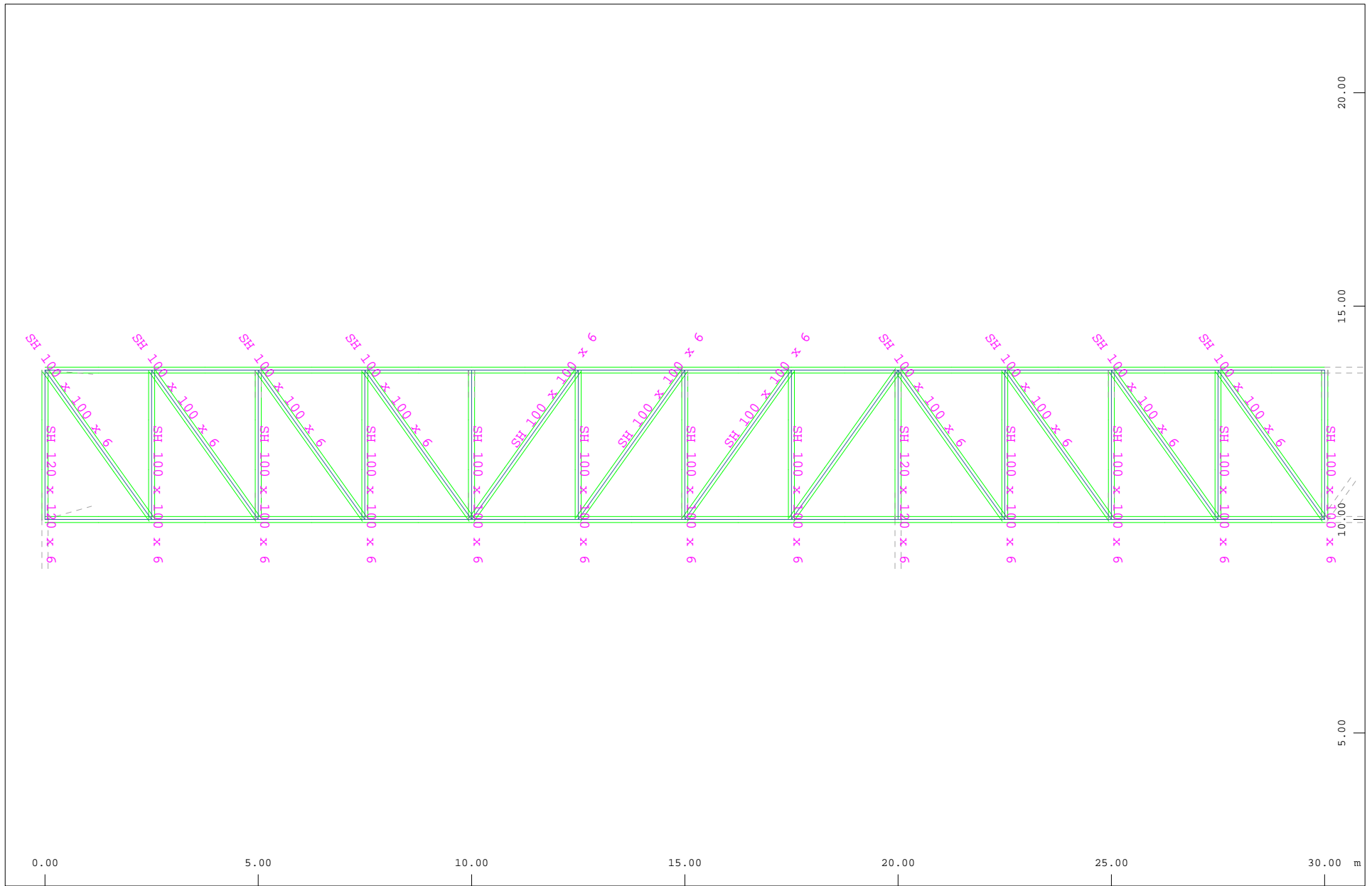


z Sector of system Beam Elements Group 101...105  
x Number of group, Beam Elements (Max=105)

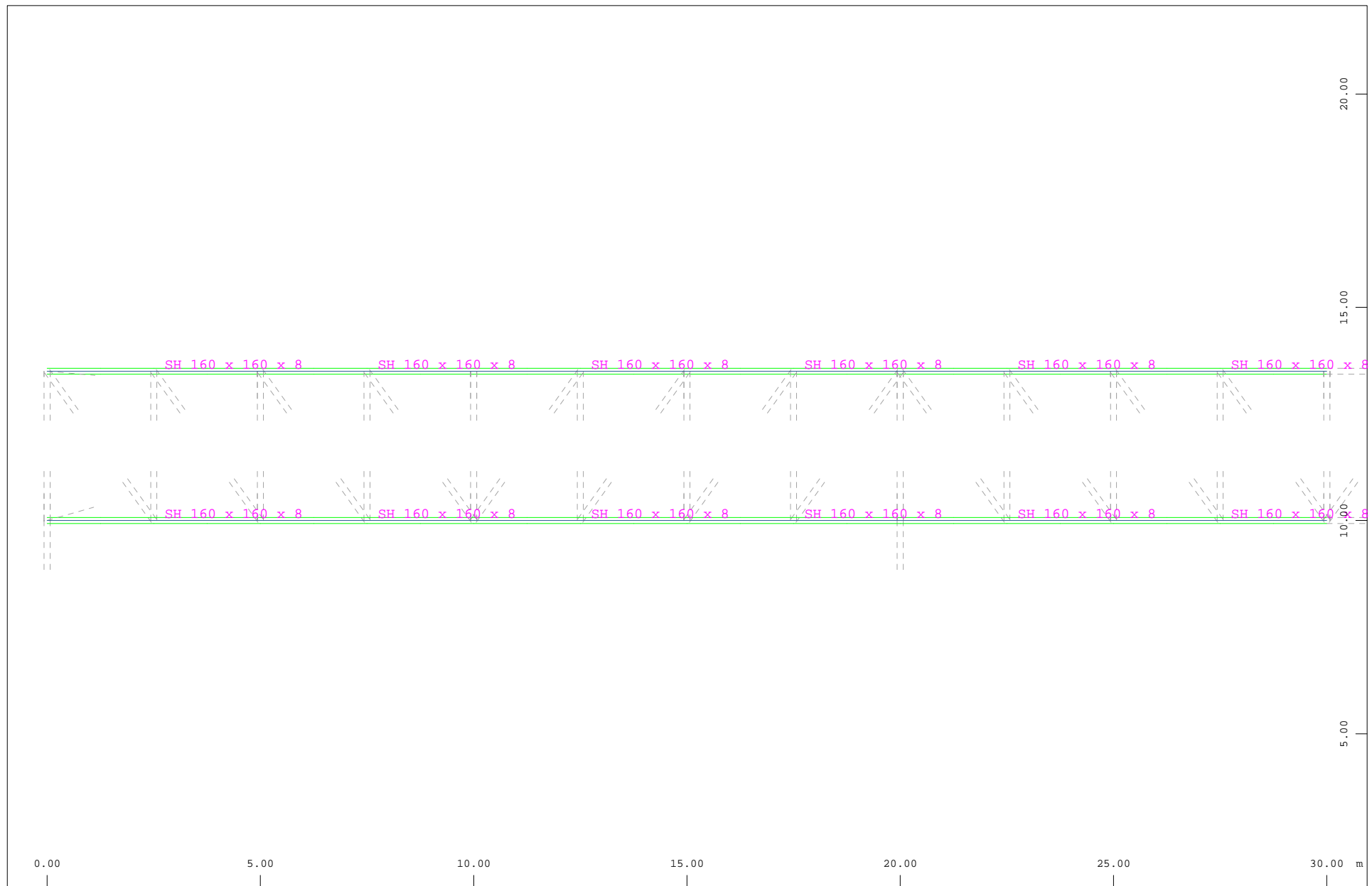




z Sector of system Beam Elements Group 101...105  
 x Material designations, Beam Elements



z Sector of system Beam Elements Group 101...105  
x Sectional Designations, Beam Elements



z Sector of system Beam Elements Group 101 105  
x Sectional Designations, Beam Elements

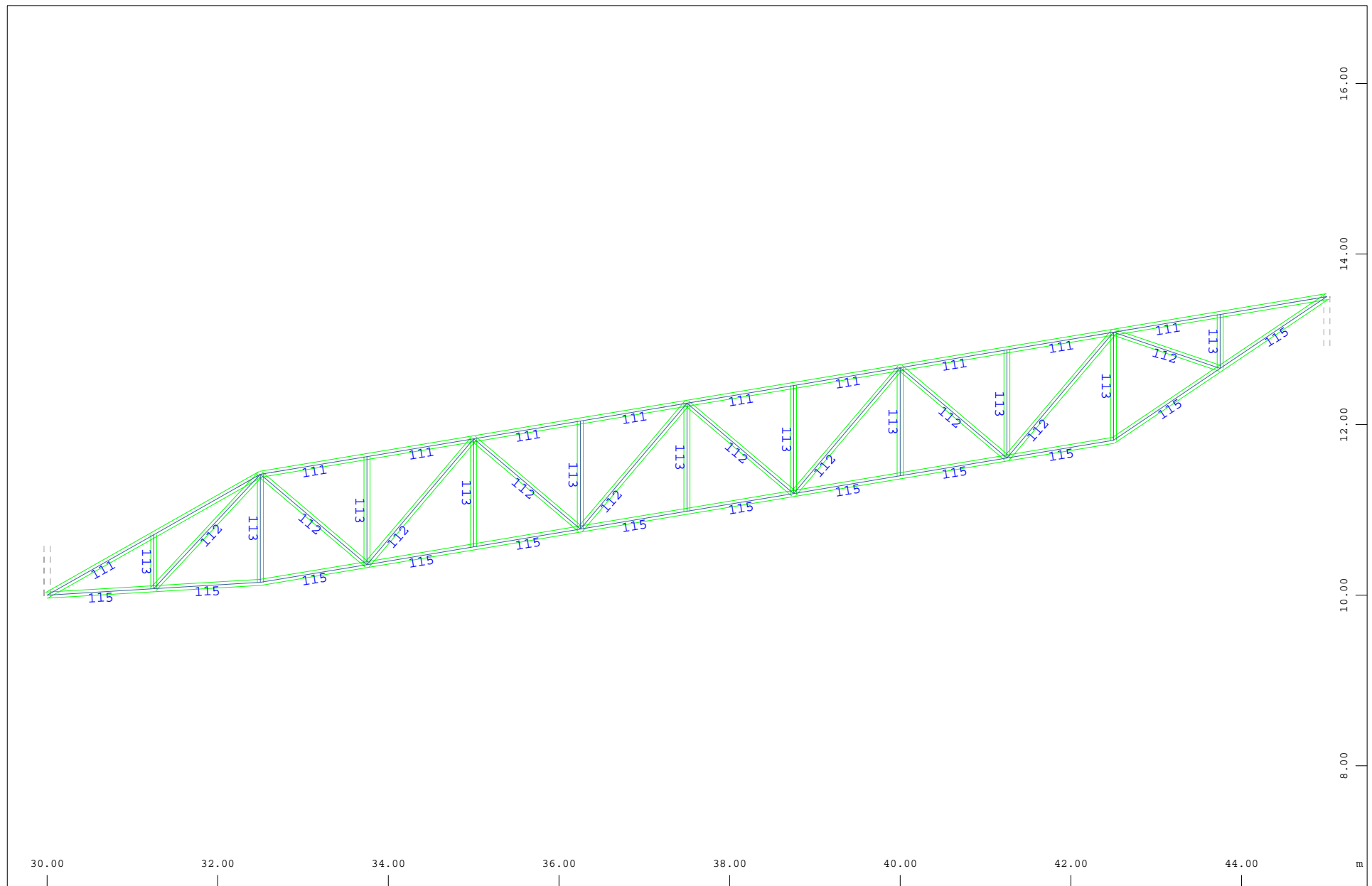
M 1 : 126

### **3.A4. GRUPOS CERCHAS PARALELAS DIR. Y. (Cuchillos)**

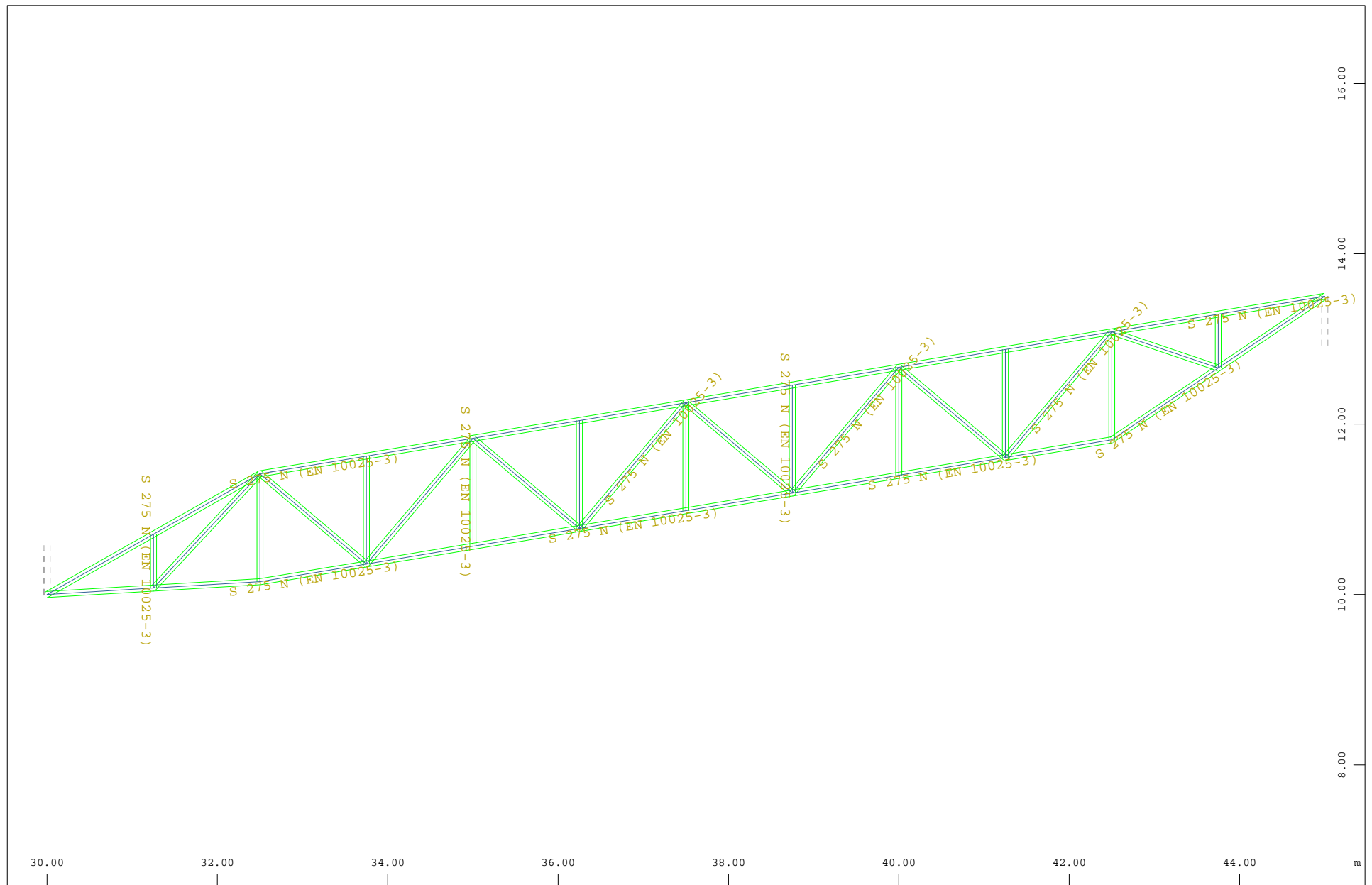
**3.A.4.1 Número de grupos**

**3.A.4.2 Material de las barras**

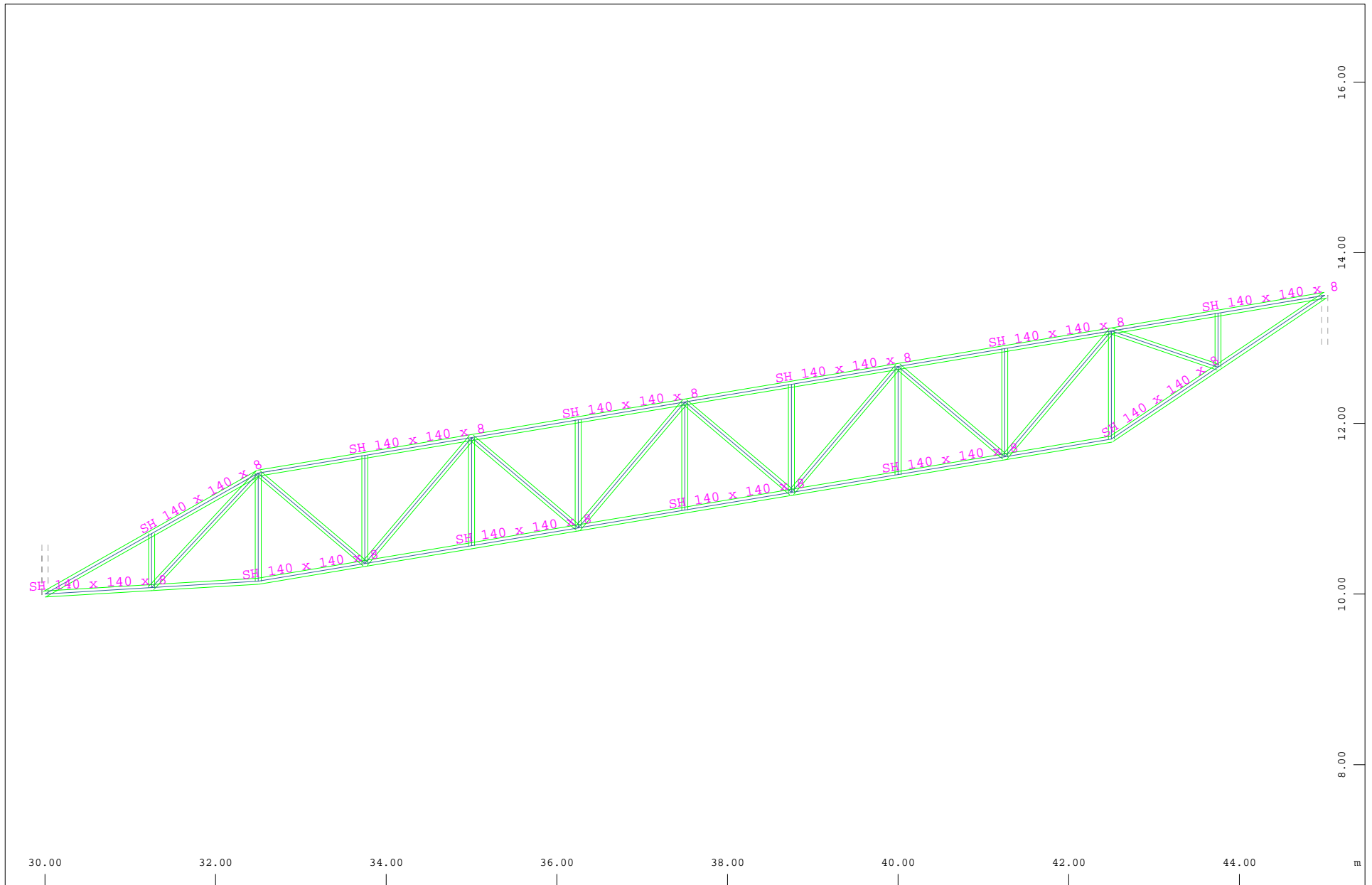
**3.A.4.3 Secciones de las barras**



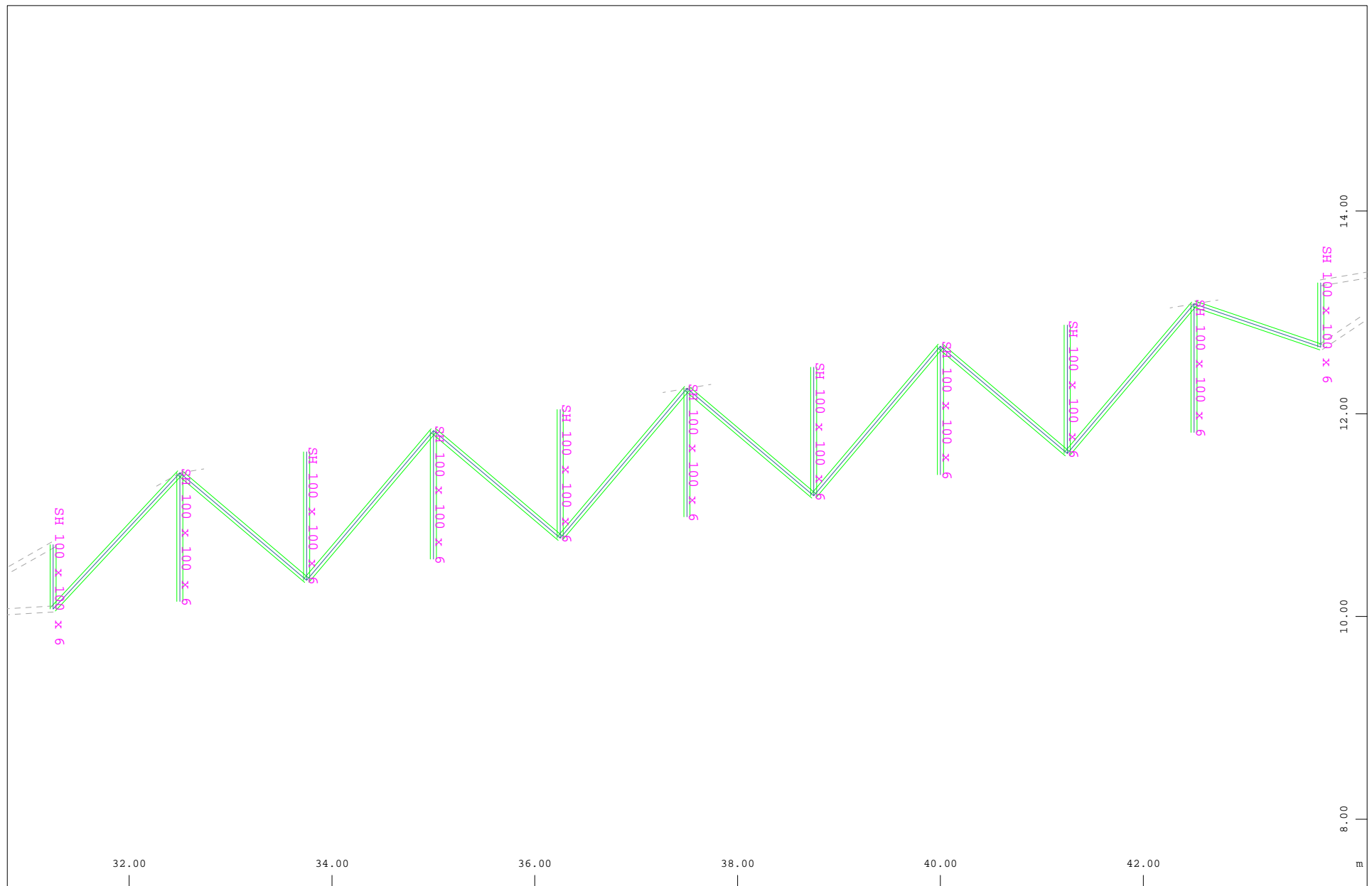
z Sector of system Beam Elements Group 111...113 115  
 x-y Number of group, Beam Elements (Max=115)



Sector of system Beam Elements Group 111...113 115  
Material designations, Beam Elements

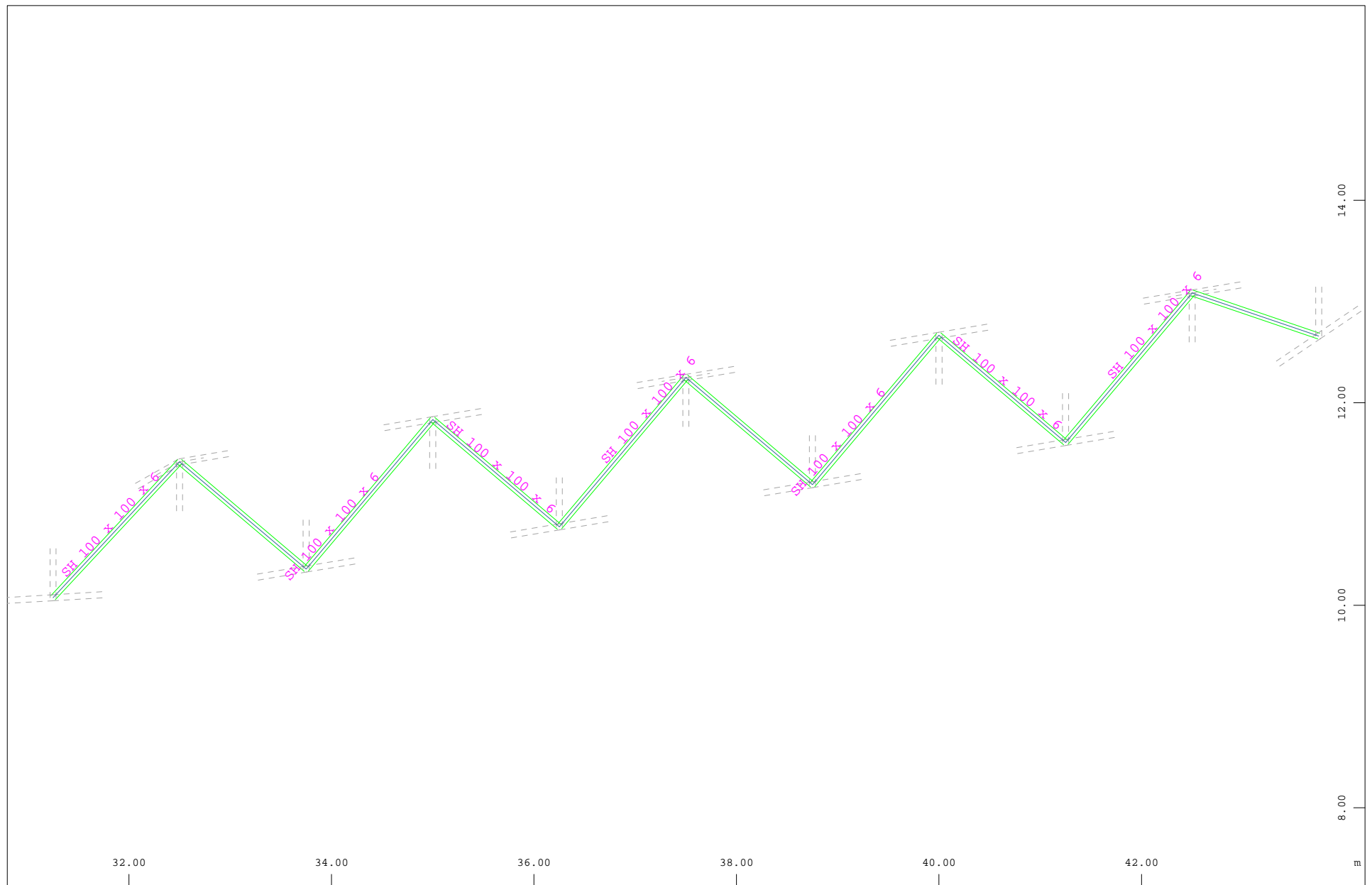


z Sector of system Beam Elements Group 111...113 115  
x-y Sectional Designations, Beam Elements



z Sector of system Beam Elements Group 112 113  
 x-y Sectional Designations, Beam Elements





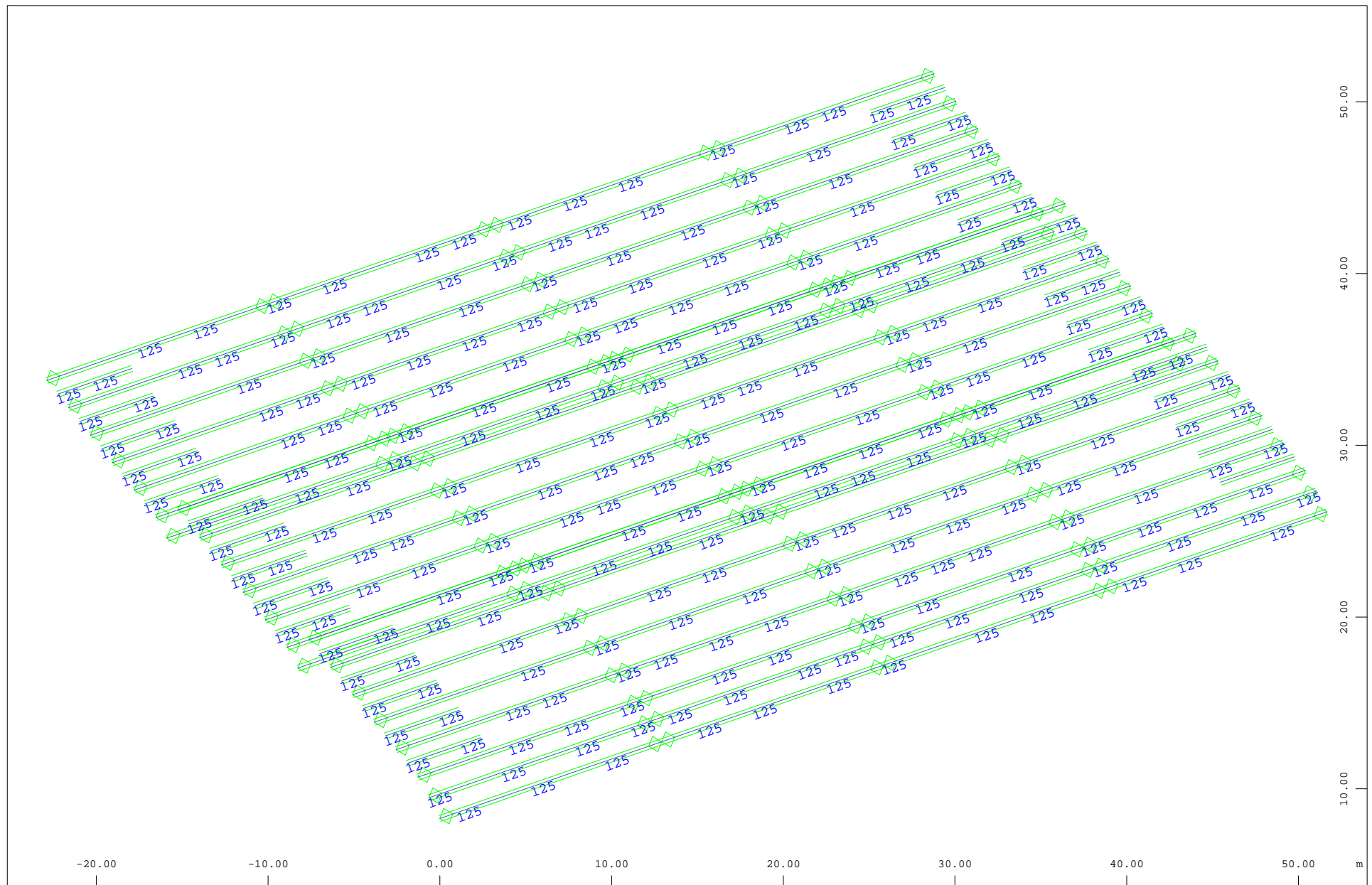
z  
x-y Sector of system Group 112  
Sectional Designations, Beam Elements

### **3.A5. GRUPOS CORREAS**

**3.A.5.1 Número de grupos**

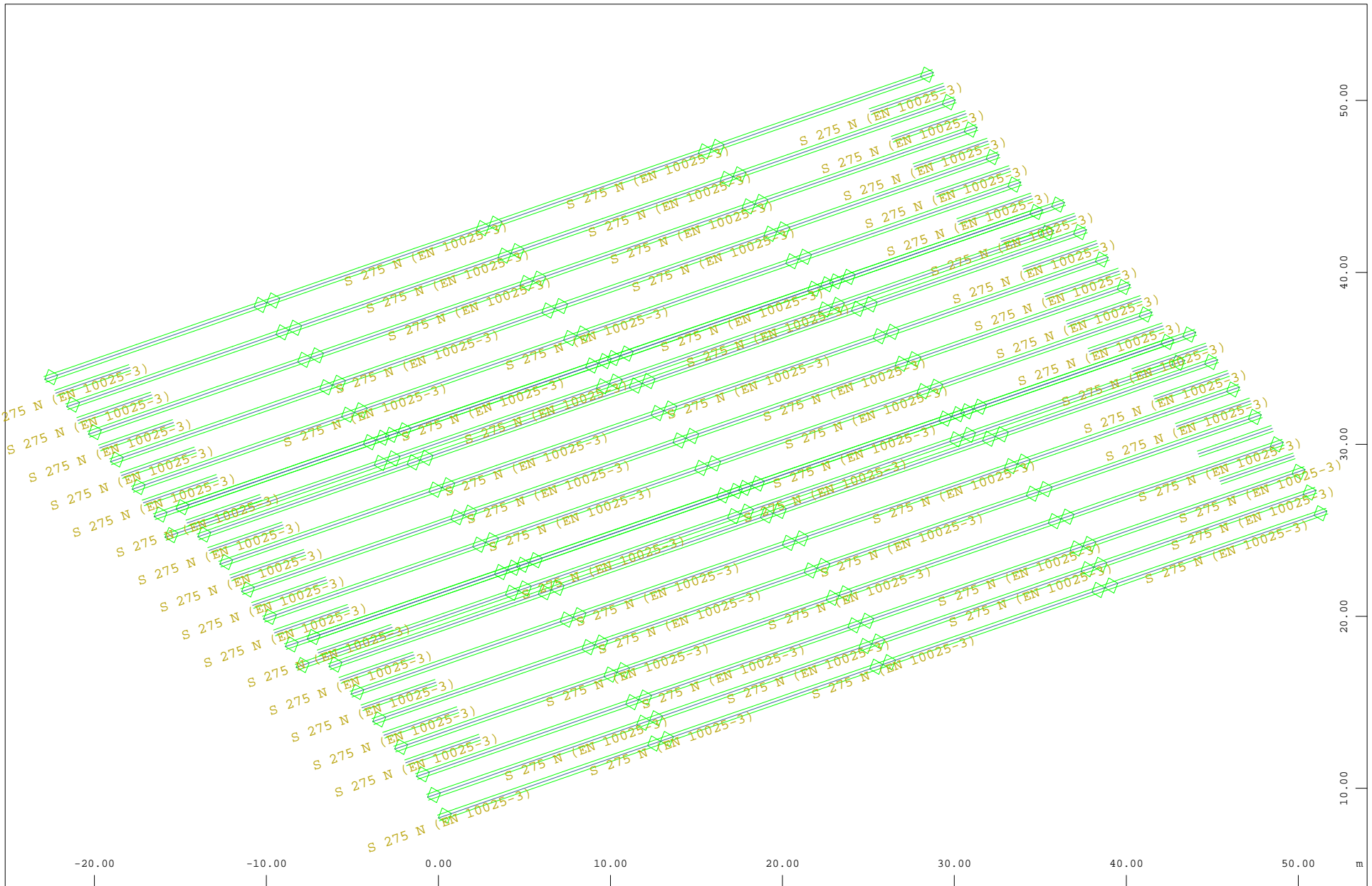
**3.A.5.2 Material de las barras**

**3.A.5.3 Secciones de las barras**



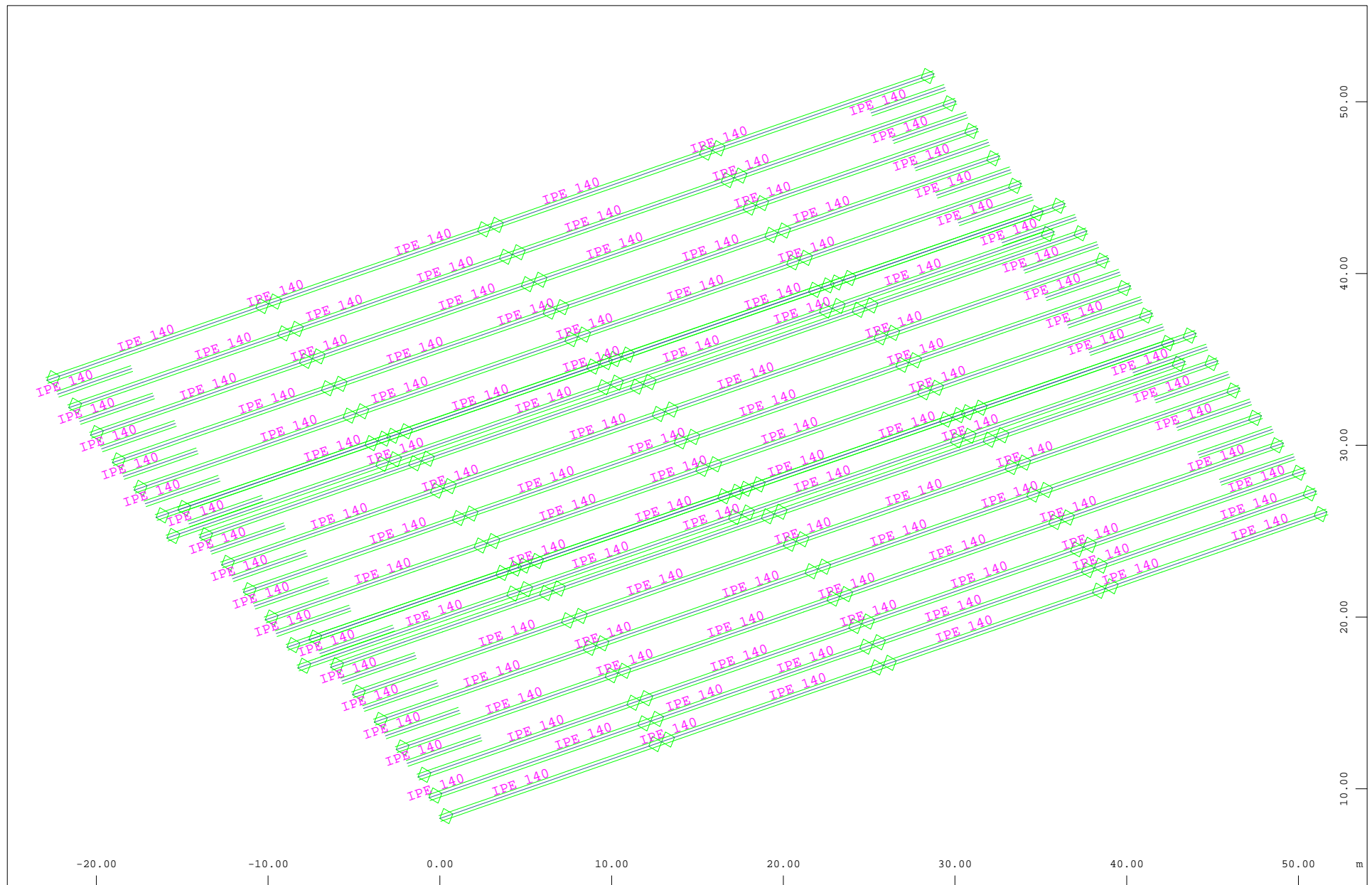
Sector of system Group 125  
Number of group, Beam Elements (Max=125)

M 1 : 313  
X \* 0.911  
Y \* 0.716  
Z \* 0.811



Sector of system Group 125  
Material designations, Beam Elements

M 1 : 313  
X \* 0.911  
Y \* 0.716  
Z \* 0.811



Sector of system Group 125  
Sectional Designations, Beam Elements

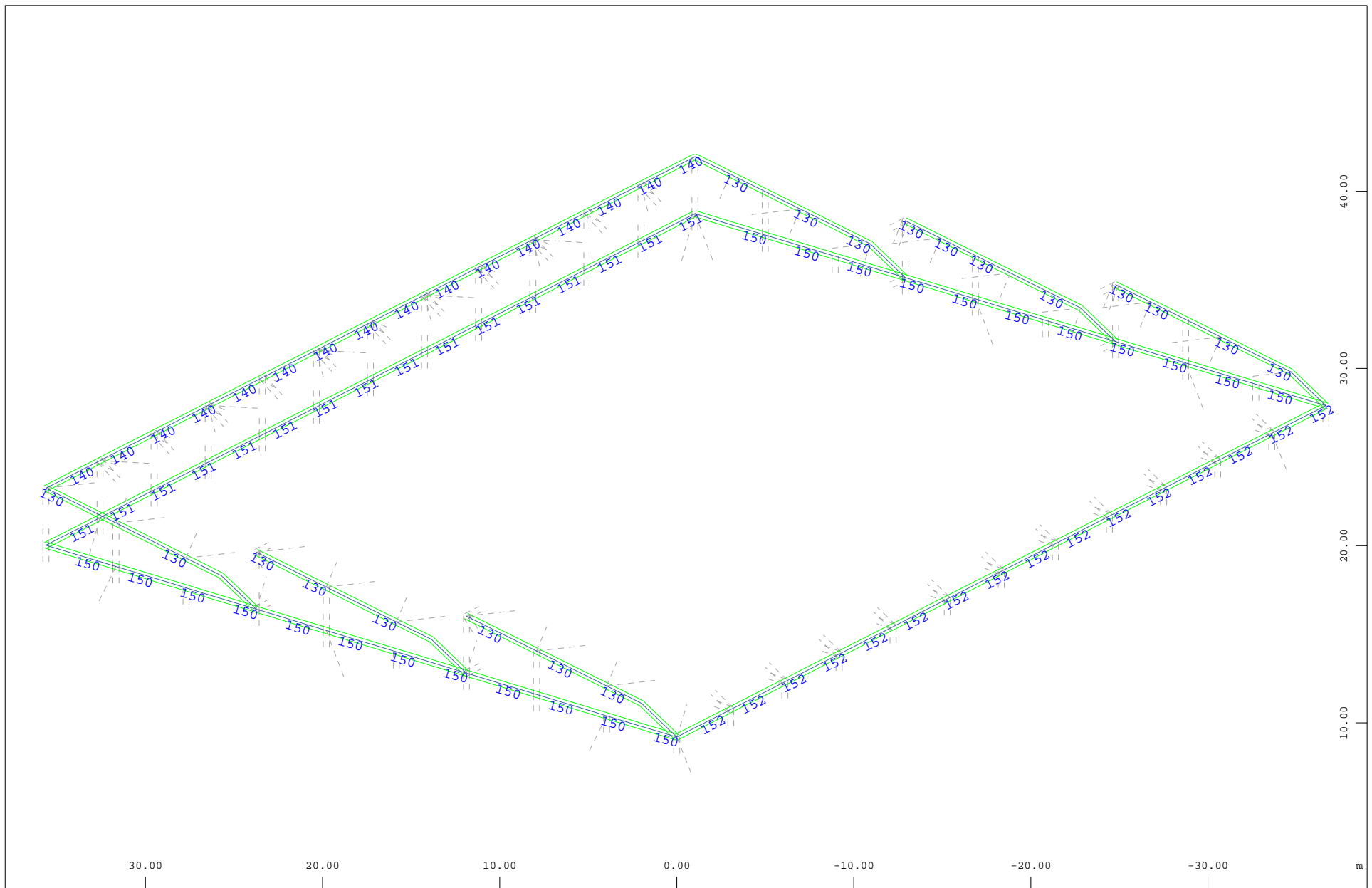
M 1 : 313  
X \* 0.911  
Y \* 0.716  
Z \* 0.811

### **3.A6. GRUPOS VIGAS**

**3.A.6.1 Número de grupos**

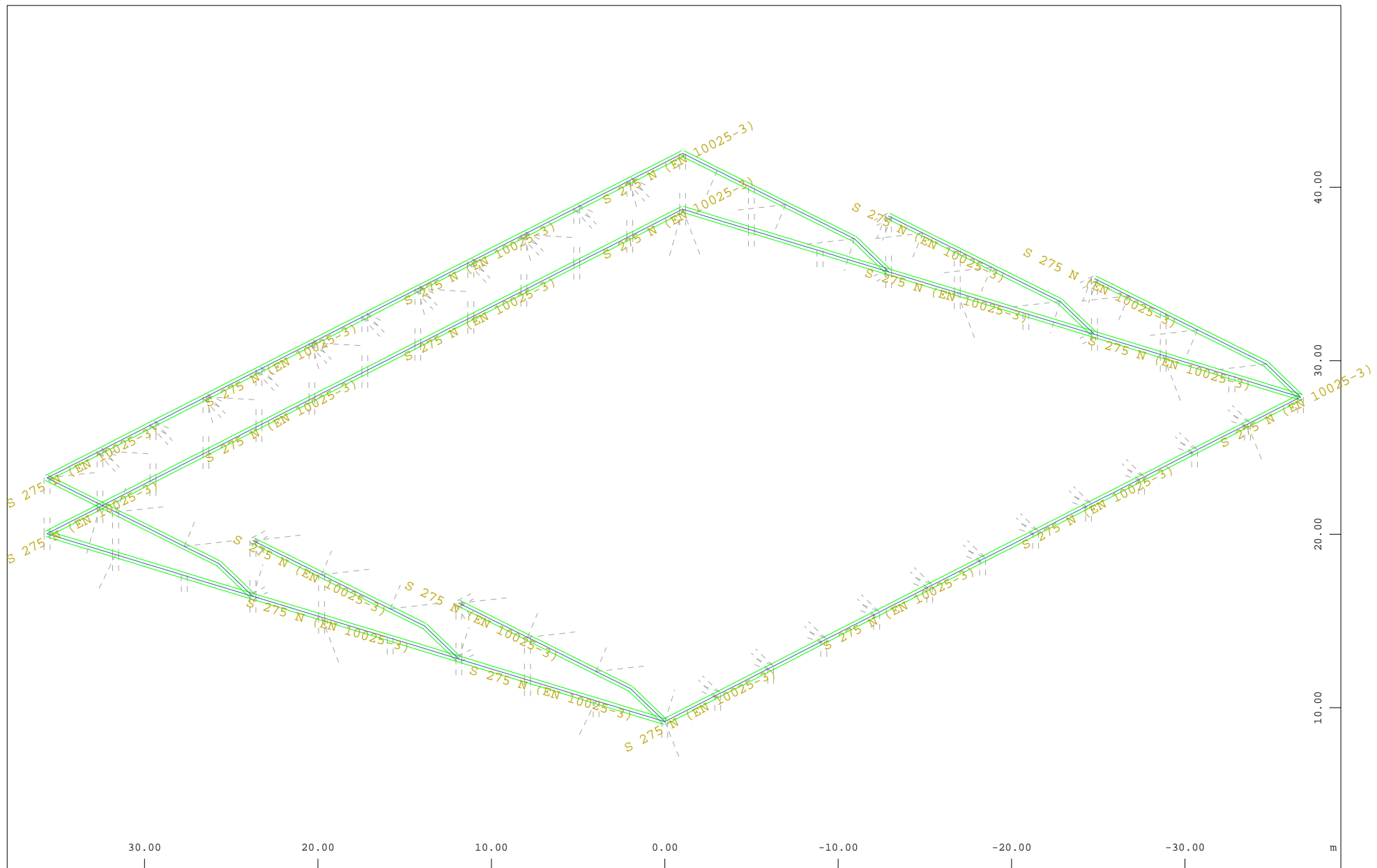
**3.A.6.2 Material de las barras**

**3.A.6.3 Secciones de las barras**



Z  
 Y └─ X  
 Sector of system Beam Elements Group 130 140 150...152  
 Number of group, Beam Elements (Max=152)

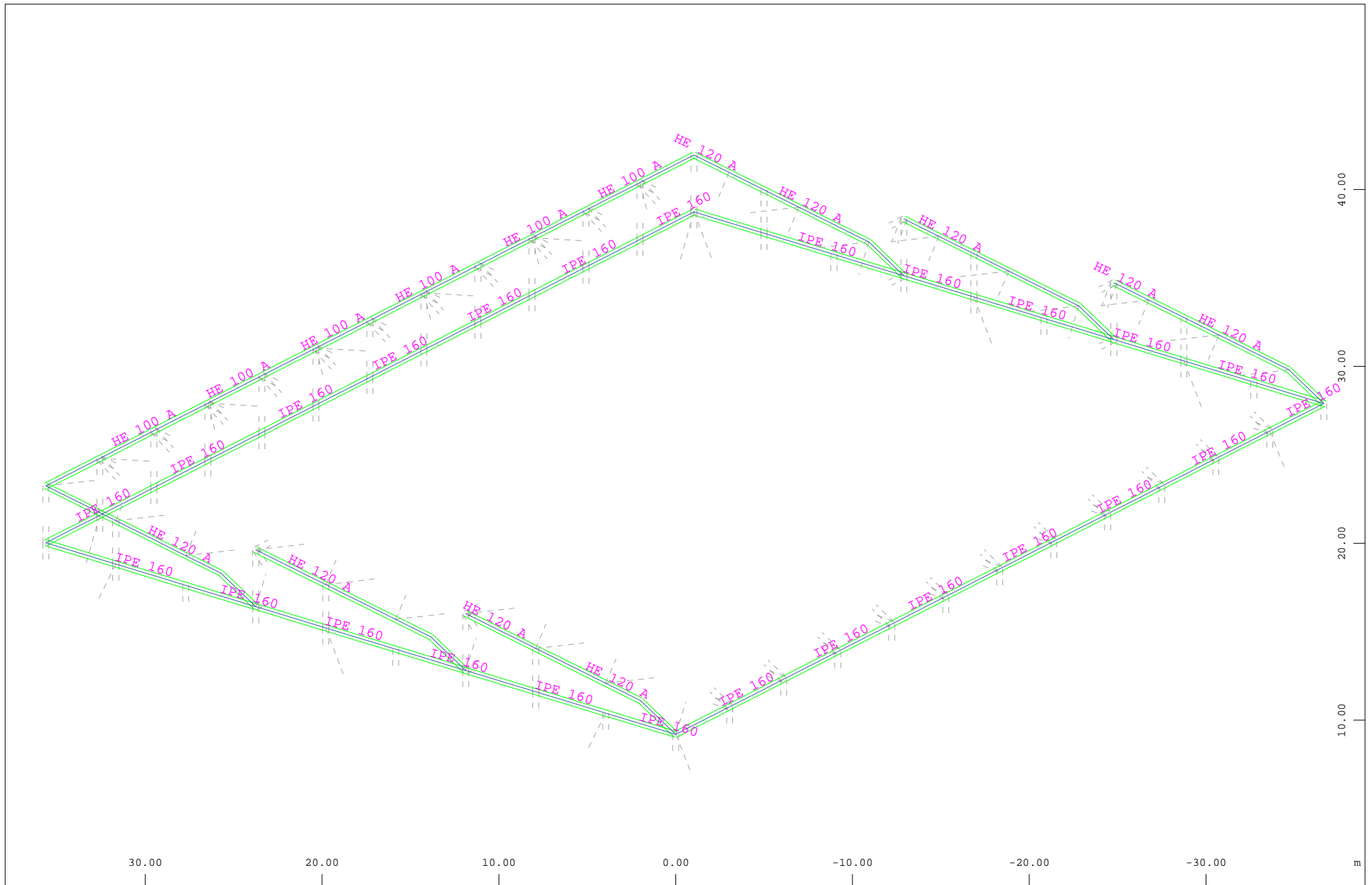
M 1 : 304  
 X \* 0.686  
 Y \* 0.827  
 Z \* 0.919



Sector of system Beam Elements Group 130 140 150...152  
Material designations, Beam Elements

M 1 : 304  
X \* 0.686  
Y \* 0.827  
Z \* 0.919



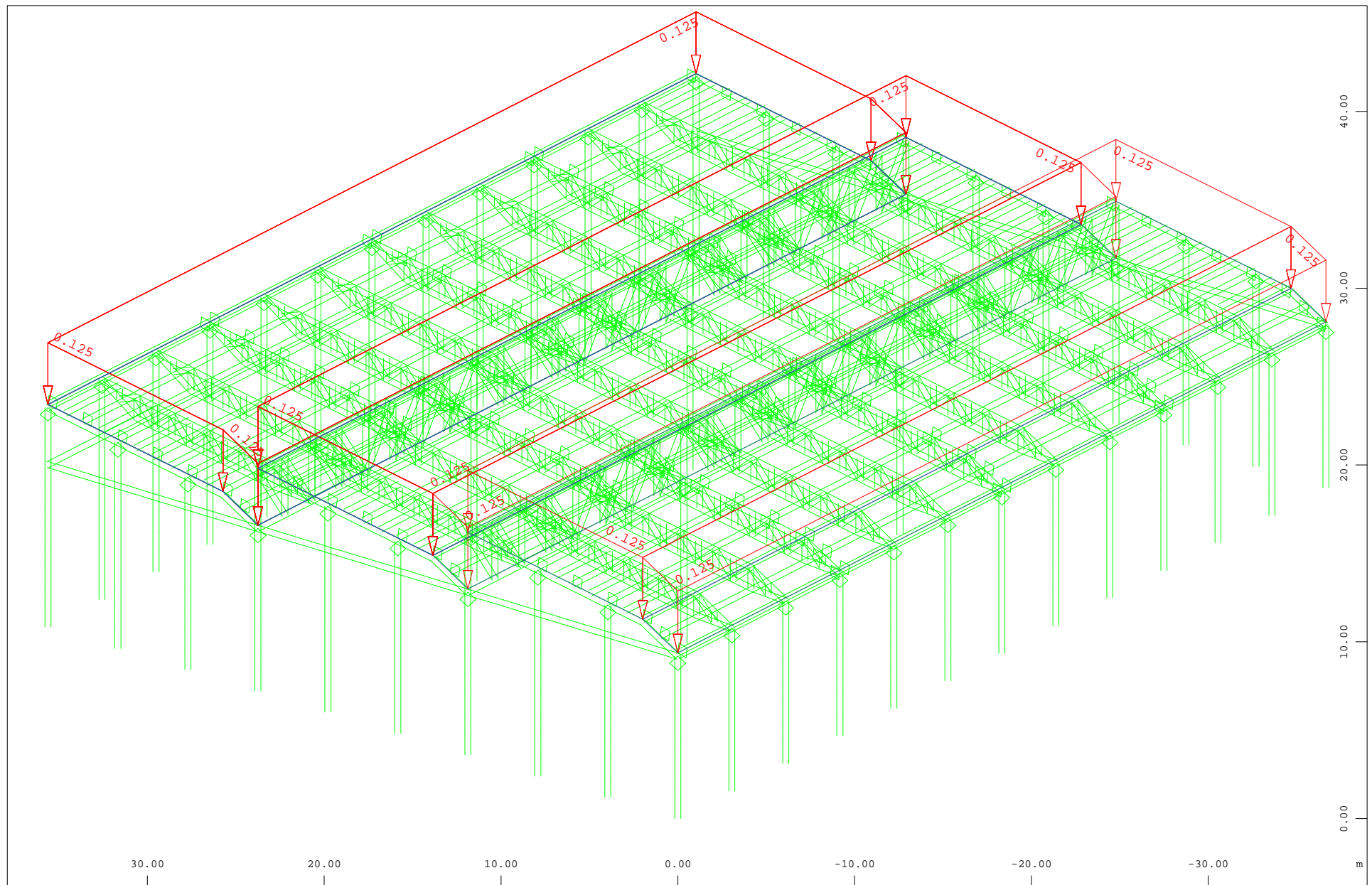


Y  $\downarrow$  X  
Z


Sector of system Beam Elements Group 130 140 150...152  
Sectional Designations, Beam Elements

M 1 : 304  
X \* 0.686  
Y \* 0.827  
Z \* 0.919

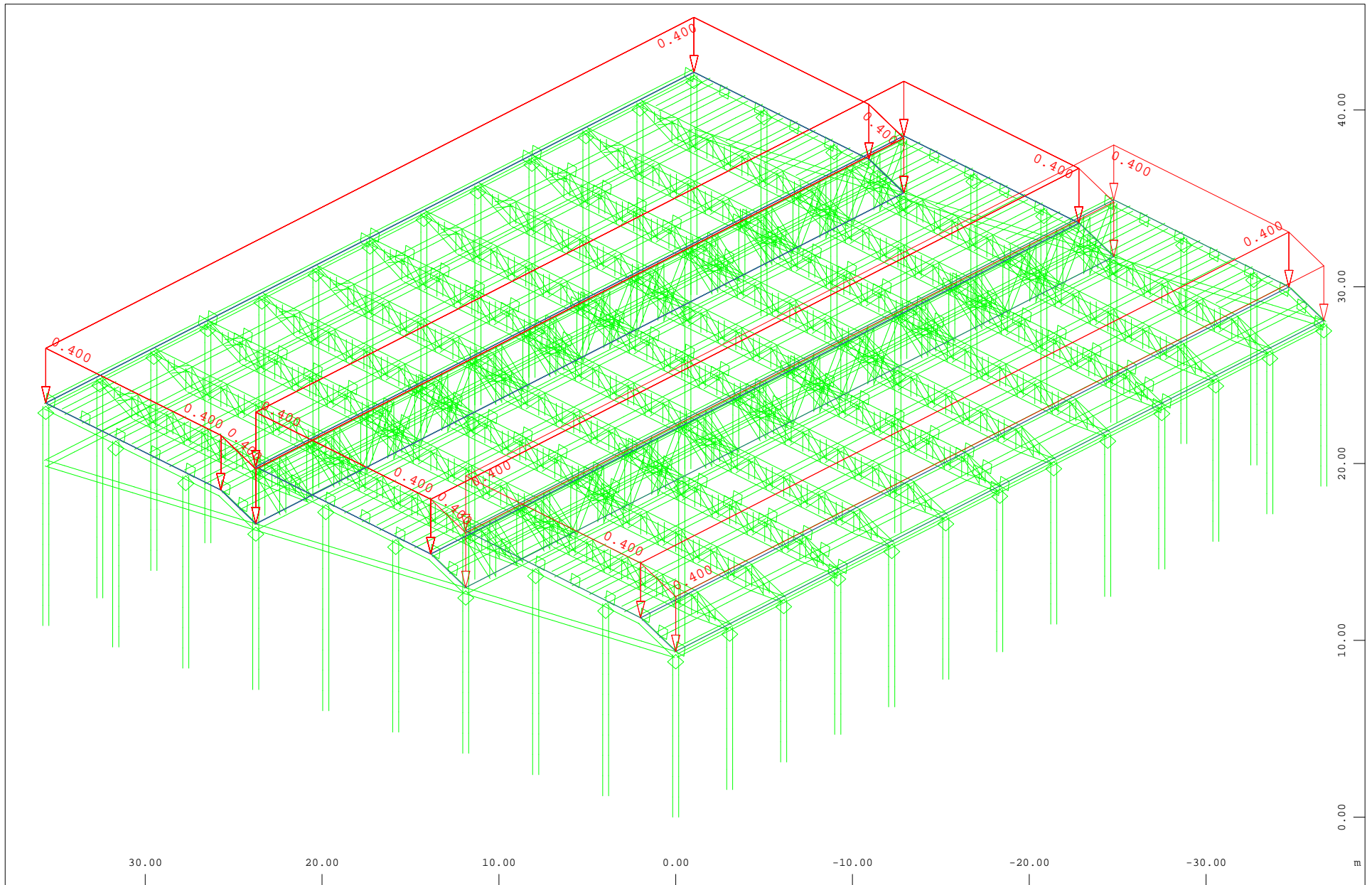
### **3.A7 CASOS DE CARGA**



Sector of system Beam Elements  
 All loads, Loadcase 2 Carga Muerta , (1 cm 3D = unit) Free area load (force) in global Z (Unit=0.100 kN/m2)  
 (Max=-0.125)

 (Min=-0.125)


M 1 : 304  
 X \* 0.686  
 Y \* 0.827  
 Z \* 0.919



$\begin{matrix} Z \\ \downarrow \\ Y \end{matrix} \begin{matrix} X \\ \rightarrow \end{matrix}$

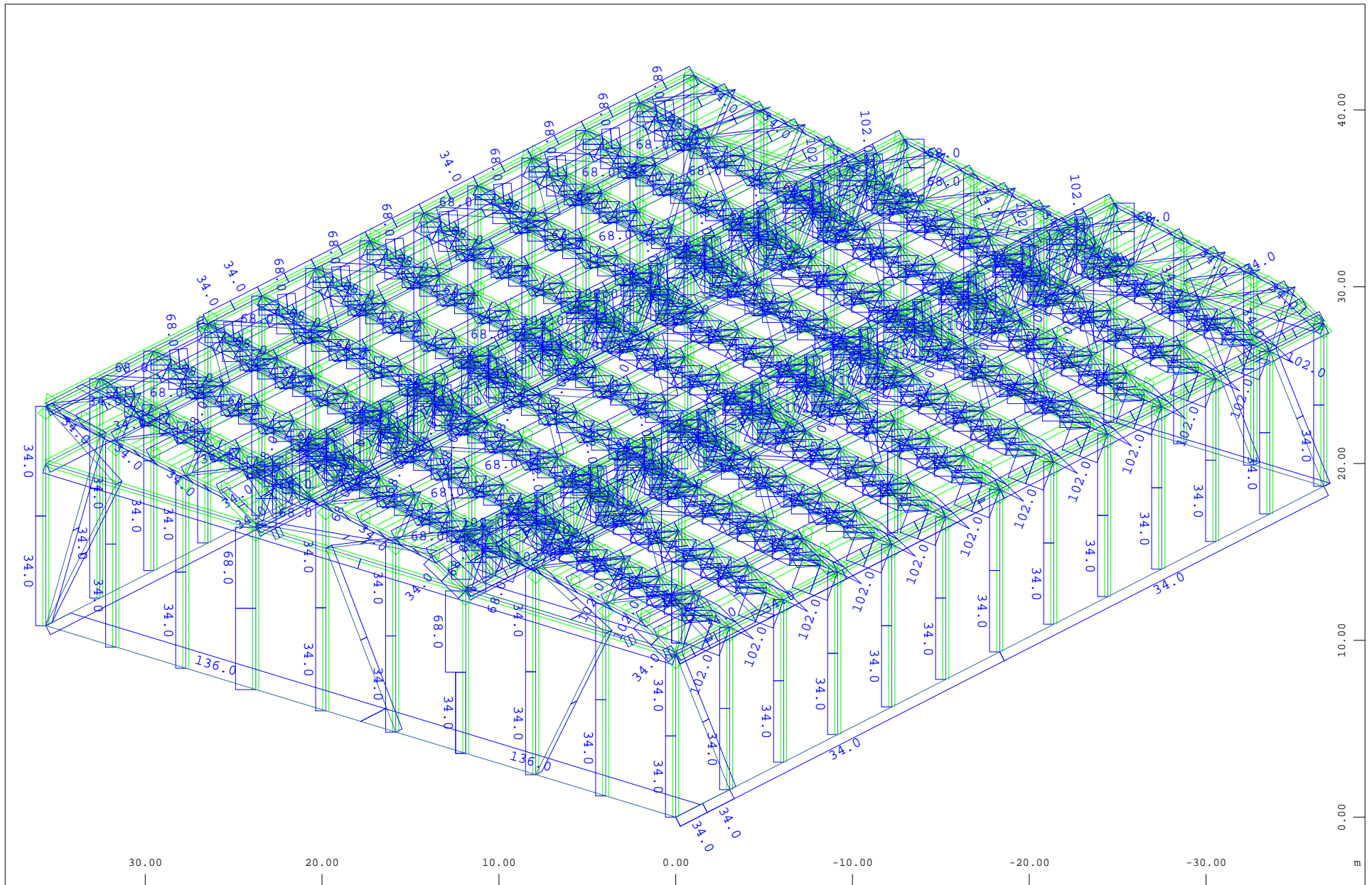
Sector of system Beam Elements

All loads, Loadcase 3 SC Uso (mantenimiento) , (1 cm 3D = unit) Free area load (force) in global Z (Unit=0.361 kN/m2)  
(Max=-0.400)

 (Min=-0.400)

M 1 : 304

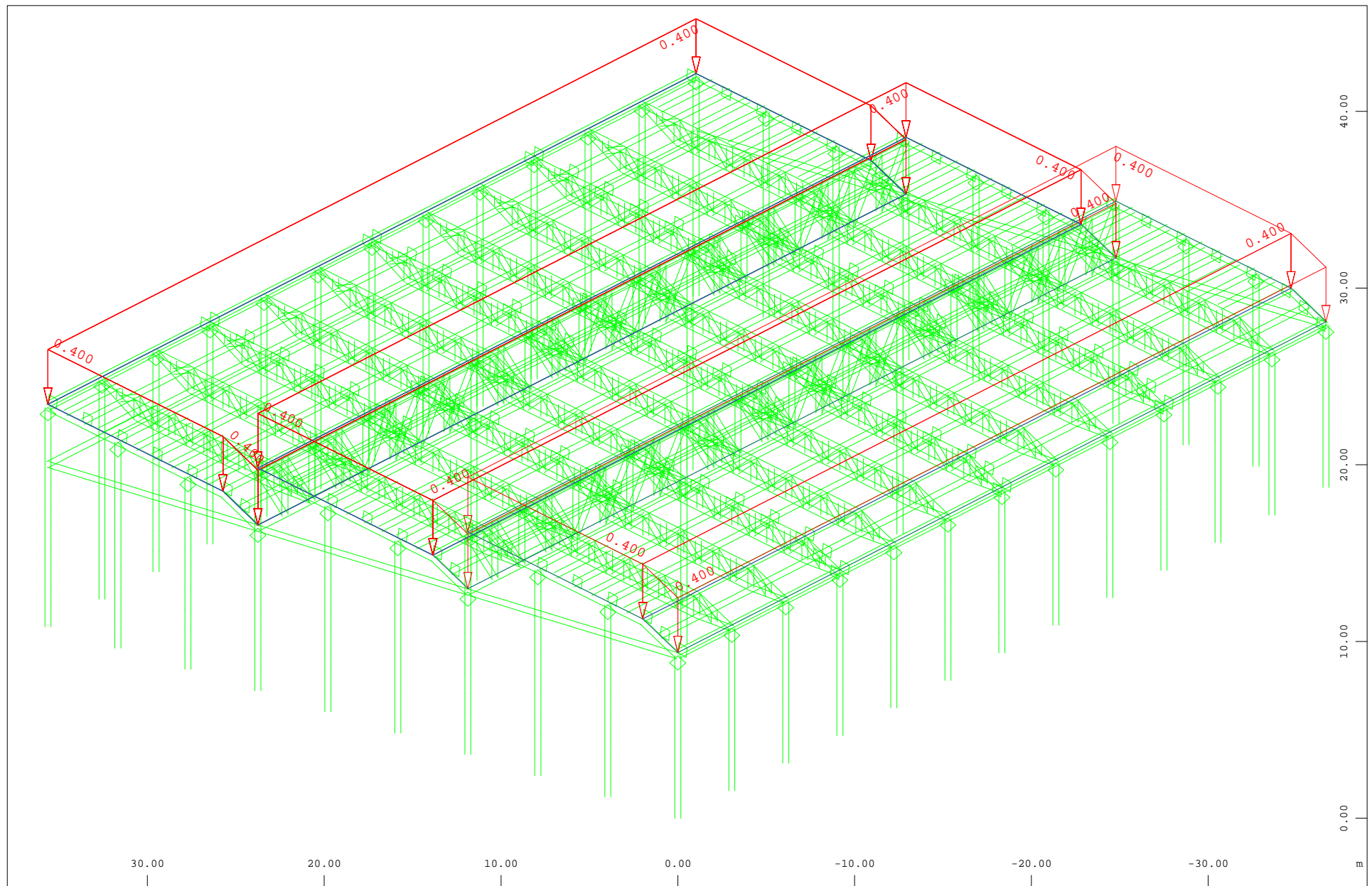
X \* 0.686  
 Y \* 0.827  
 Z \* 0.919



Sector of system Beam Elements  
 All loads, Loadcase 8 Tem At+ , (1 cm 3D = unit) Free line load (uniform temperature change) (Unit=180.5 °C) (Max=136.0)

M 1 : 304  
 X \* 0.686  
 Y \* 0.827  
 Z \* 0.919

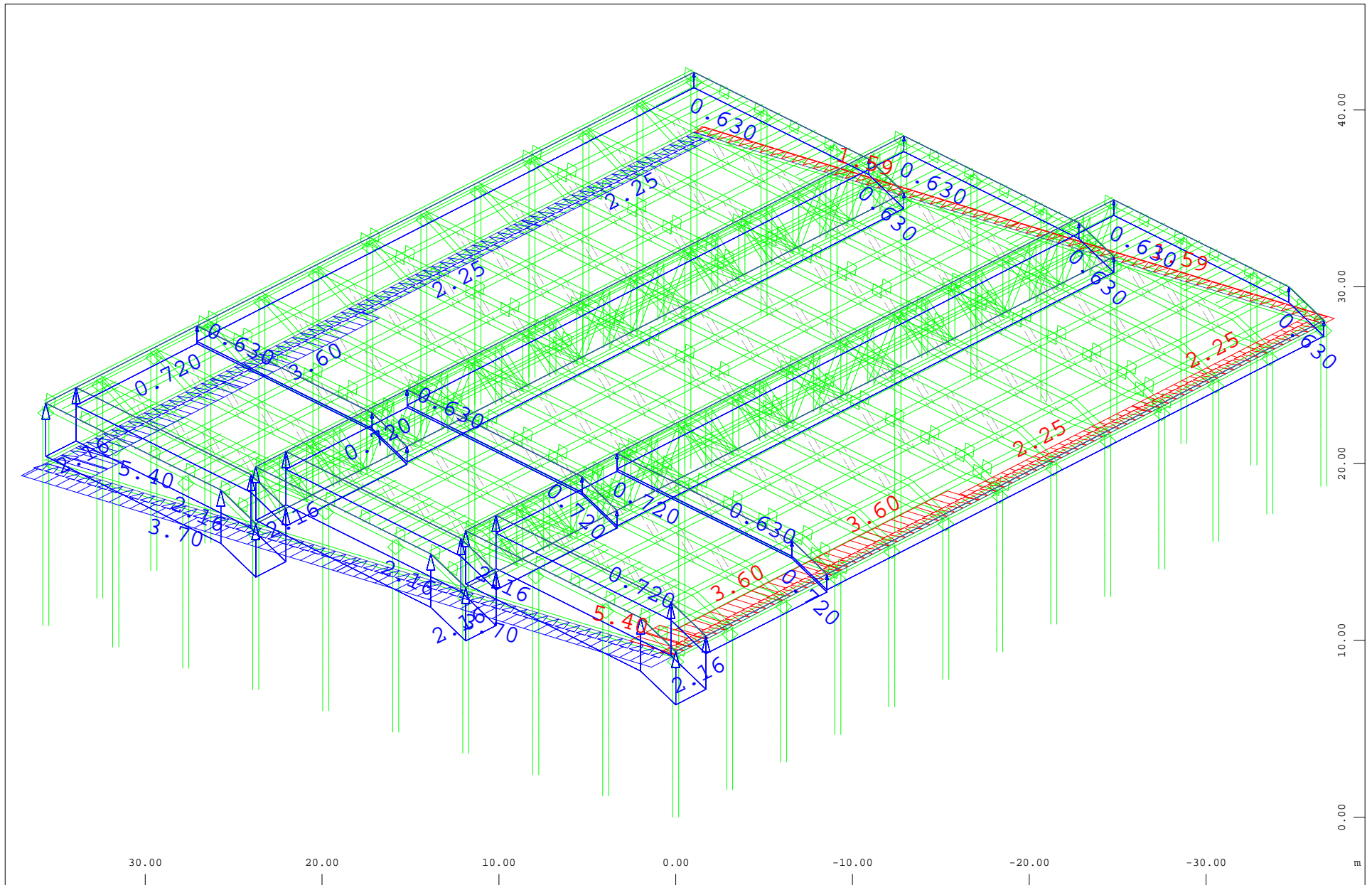




Sector of system Beam Elements  
 Y X All loads, Loadcase 15 Nieve , (1 cm 3D = unit) Free area load (force) in global Z (Unit=0.361 kN/m2)

(Min=-0.400) (Max=-0.400)

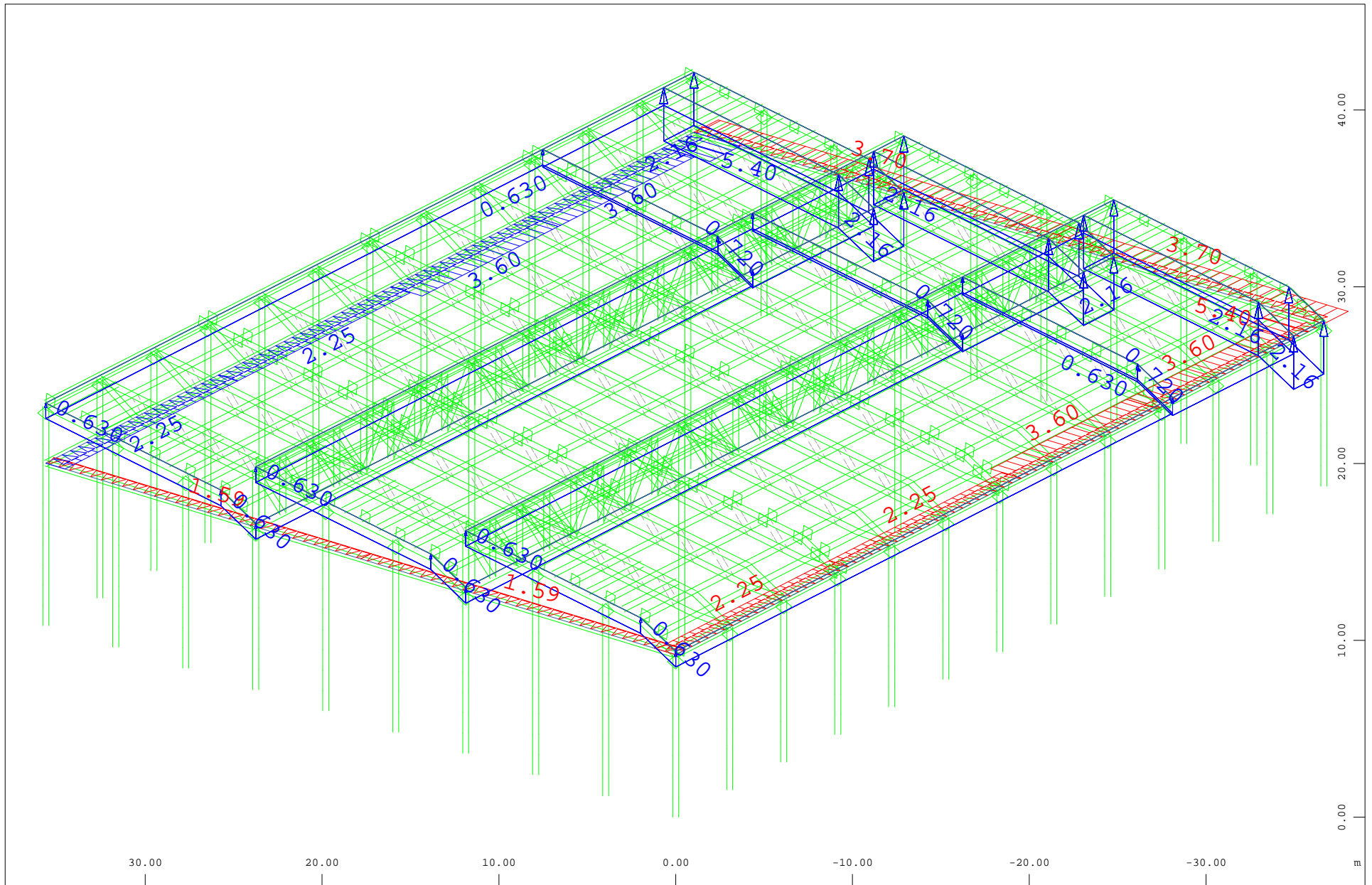
M 1 : 304  
 X \* 0.686  
 Y \* 0.827  
 Z \* 0.919



Sector of system Beam Elements Group 1...10 101...105 111 115 125 130 140 150...152  
 All loads, Loadcase 50 Viento X+ , (1 cm 3D = unit) Free line load (force) in global X (Unit=5.00 kN/m,Min=-1.59 Max=3.70  
 line load (force) in global Y (Unit=5.00 kN/m,Min=-5.40 Max=5.40

Free area load (force) in global Z (Unit=2.00

M 1 : 304  
 X \* 0.686  
 Y \* 0.827  
 Z \* 0.919



Sector of system Beam Elements Group 1...10 101...105 111 115 125 130 140 150...152

All loads, Loadcase 52 Viento X- , (1 cm 3D = unit) Free line load (force) in global X (Unit=5.00 kN/m,Min=-3.70 Max=-1.59

Free line load (force) in global Y (Unit=5.00 kN/m,Min=-5.40 Max=5.40

Free area load (force) in global Z (Unit=2.00

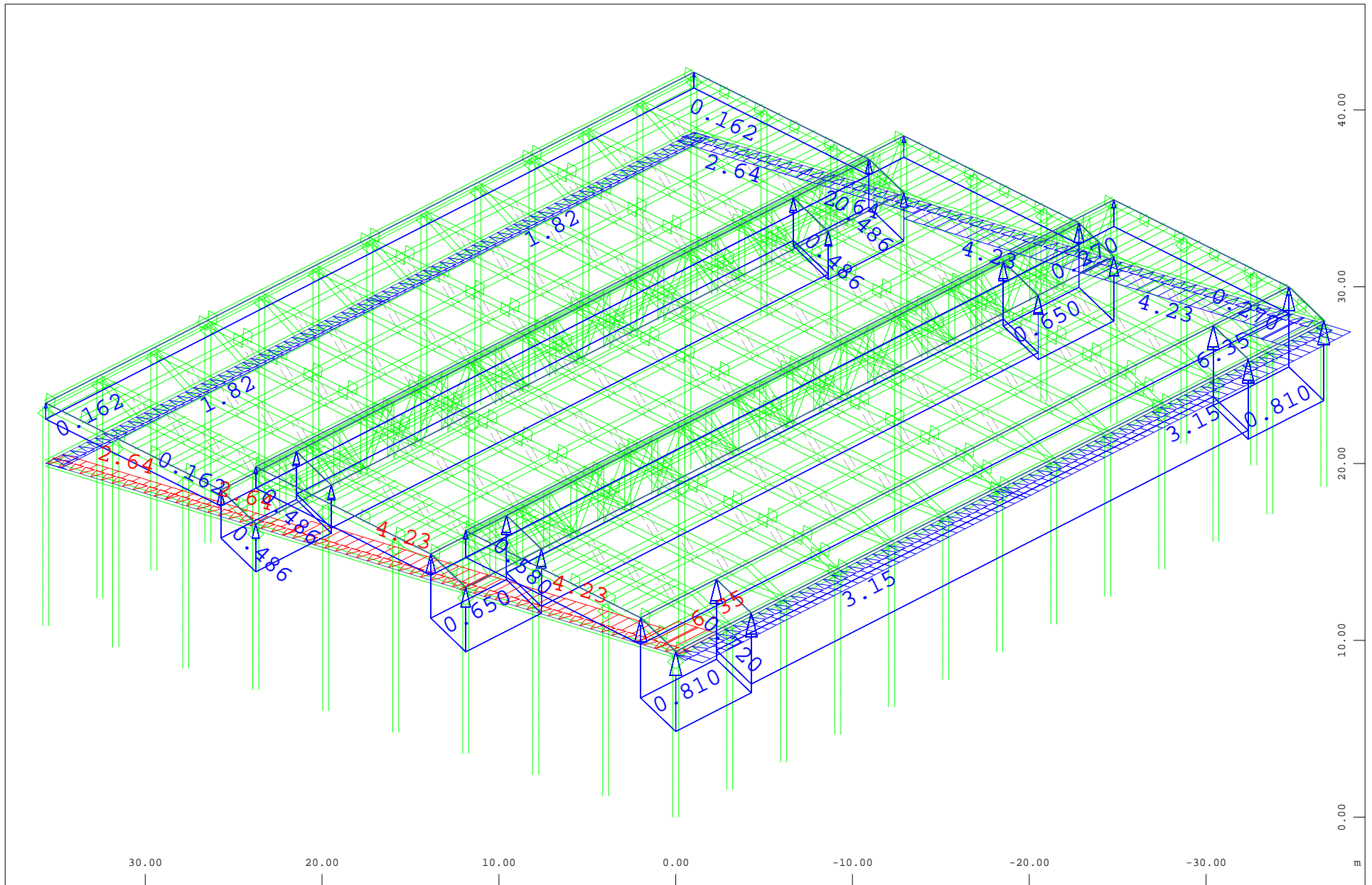
M 1 : 304

X \* 0.686

Y \* 0.827

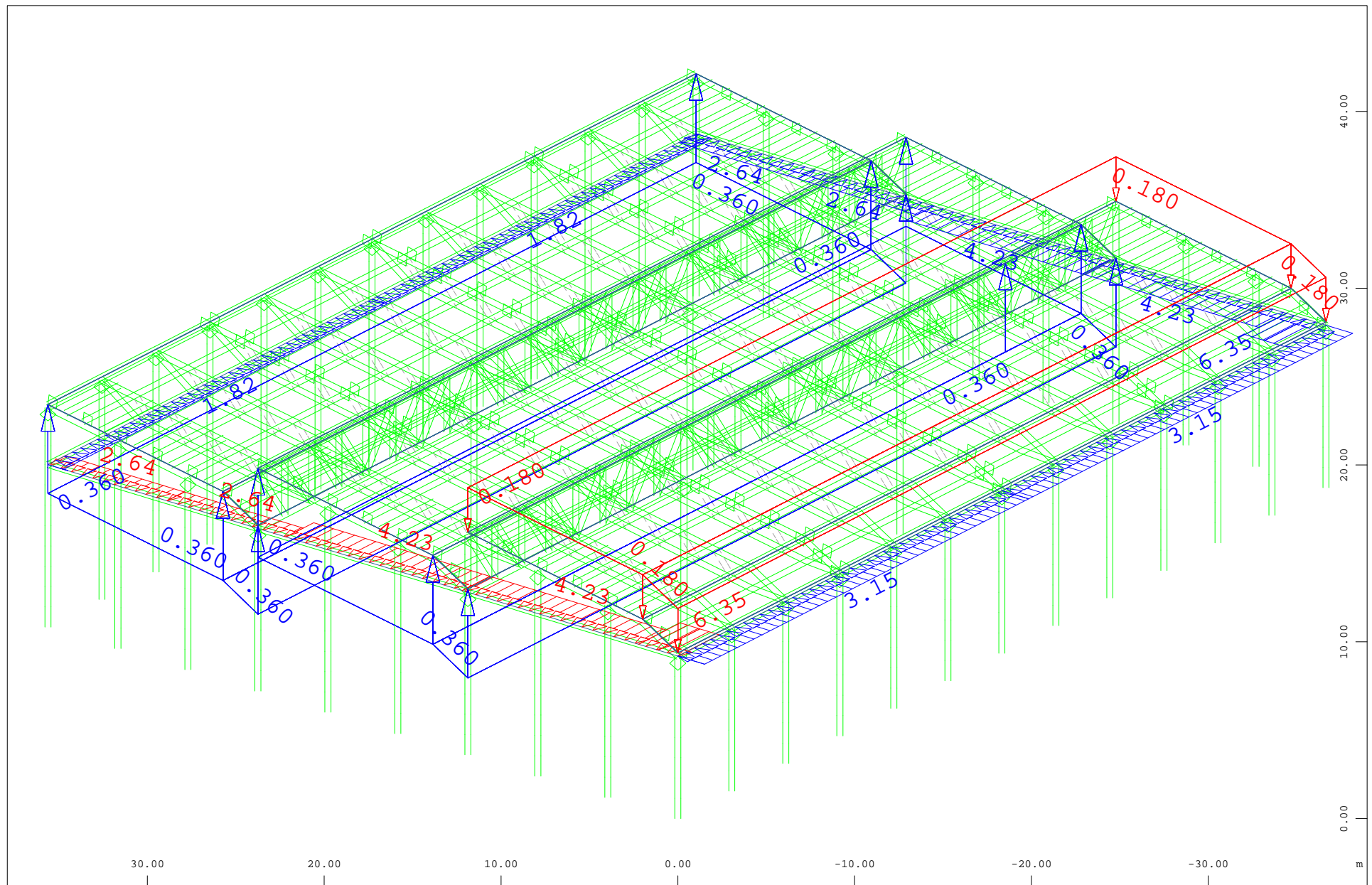
Z \* 0.919





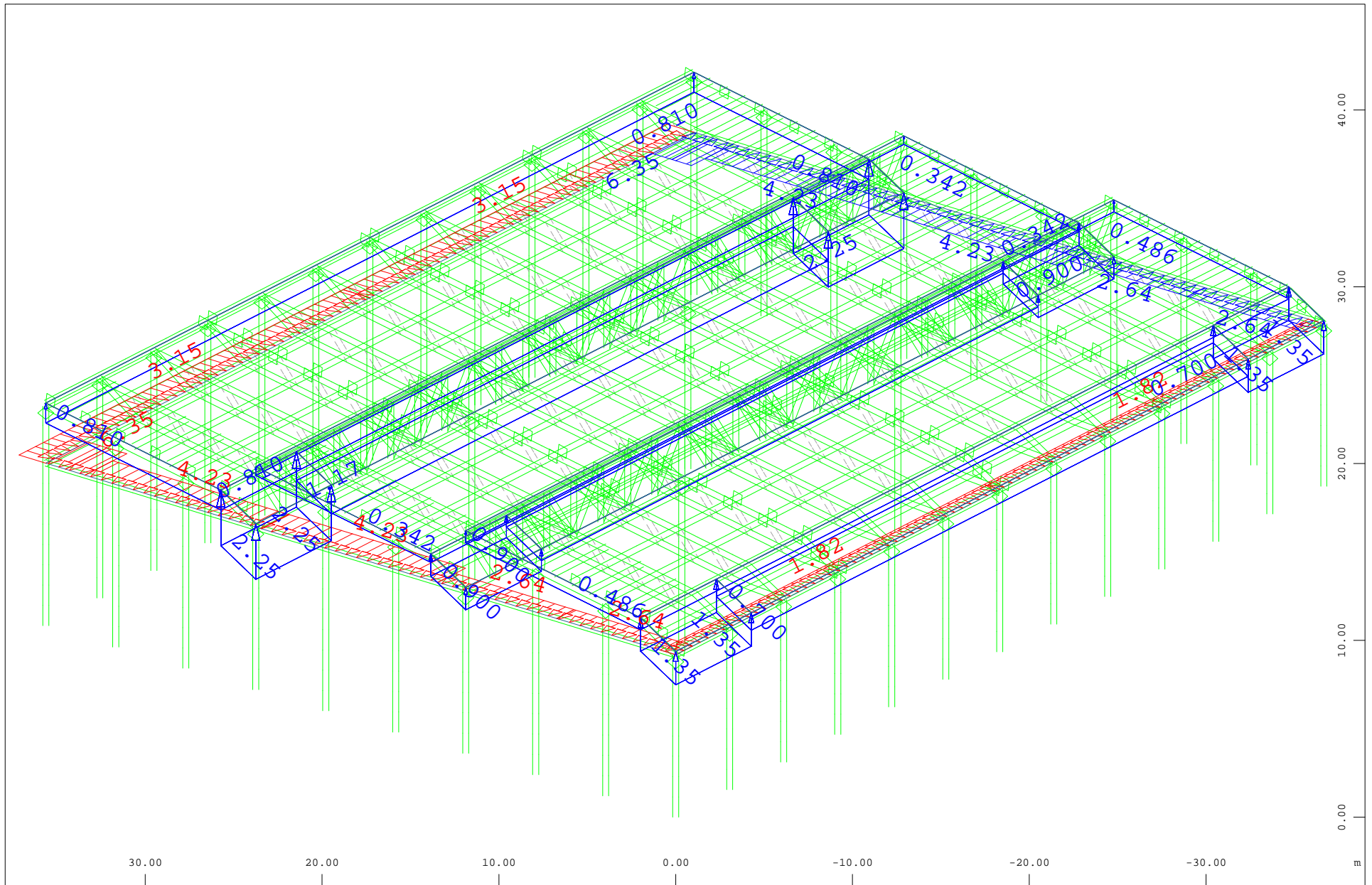
Sector of system Beam Elements Group 1...10 101...105 111 115 125 130 140 150...152  
 All loads, Loadcase 54 Viento Y+ S1, (1 cm 3D = unit) Free line load (force) in global X (Unit=5.00 kN/m, Min=-6.35 Max=6.35)  
 Free line load (force) in global Y (Unit=5.00 kN/m, Max=3.15) Free area load (force) in global Z (Unit=0.500 kN/m<sup>2</sup>, Max=0.810)

M 1 : 304  
 X \* 0.686  
 Y \* 0.827  
 Z \* 0.919



Sector of system Beam Elements Group 1...10 101...105 111 115 125 130 140 150...152  
 All loads, Loadcase 56 Viento Y+ S2 , (1 cm 3D = unit) Free line load (force) in global X (Unit=5.00 kN/m,Min=-6.35 Max=6.35  
 Free line load (force) in global Y (Unit=5.00 kN/m,Max=3.15 Free area load (force) in global Z (Unit=0.200 kN/m2,Min=-0.180

M 1 : 304  
 X \* 0.686  
 Y \* 0.827  
 Z \* 0.919

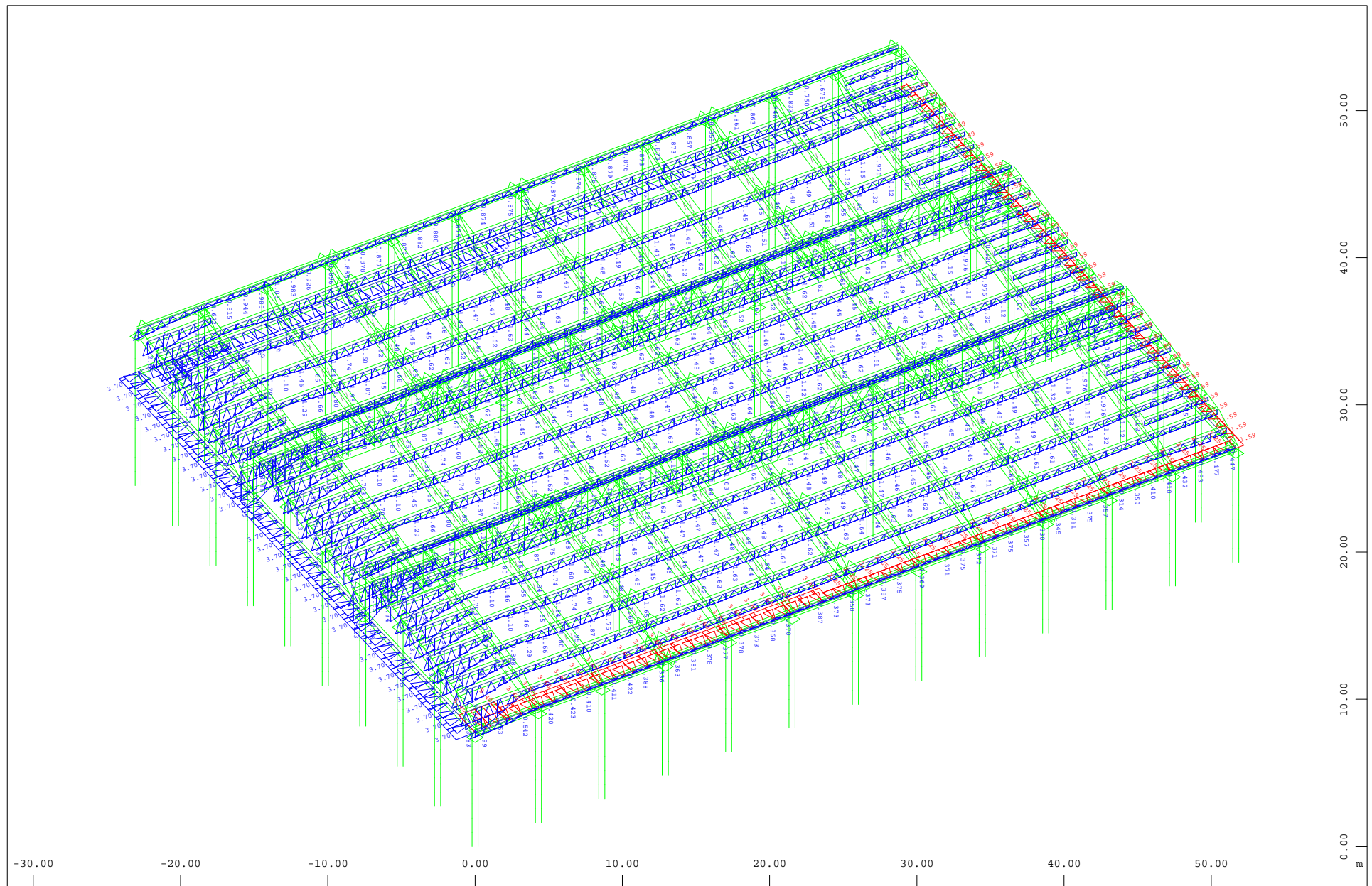





Sector of system Beam Elements Group 1...10 101...105 111 115 125 130 140 150...152  
 All loads, Loadcase 58 Viento Y- , (1 cm 3D = unit) Free line load (force) in global X (Unit=5.00 kN/m,Min=-6.35 Max=6.35  
 line load (force) in global Y (Unit=5.00 kN/m,Min=-3.15 Max=-1.82

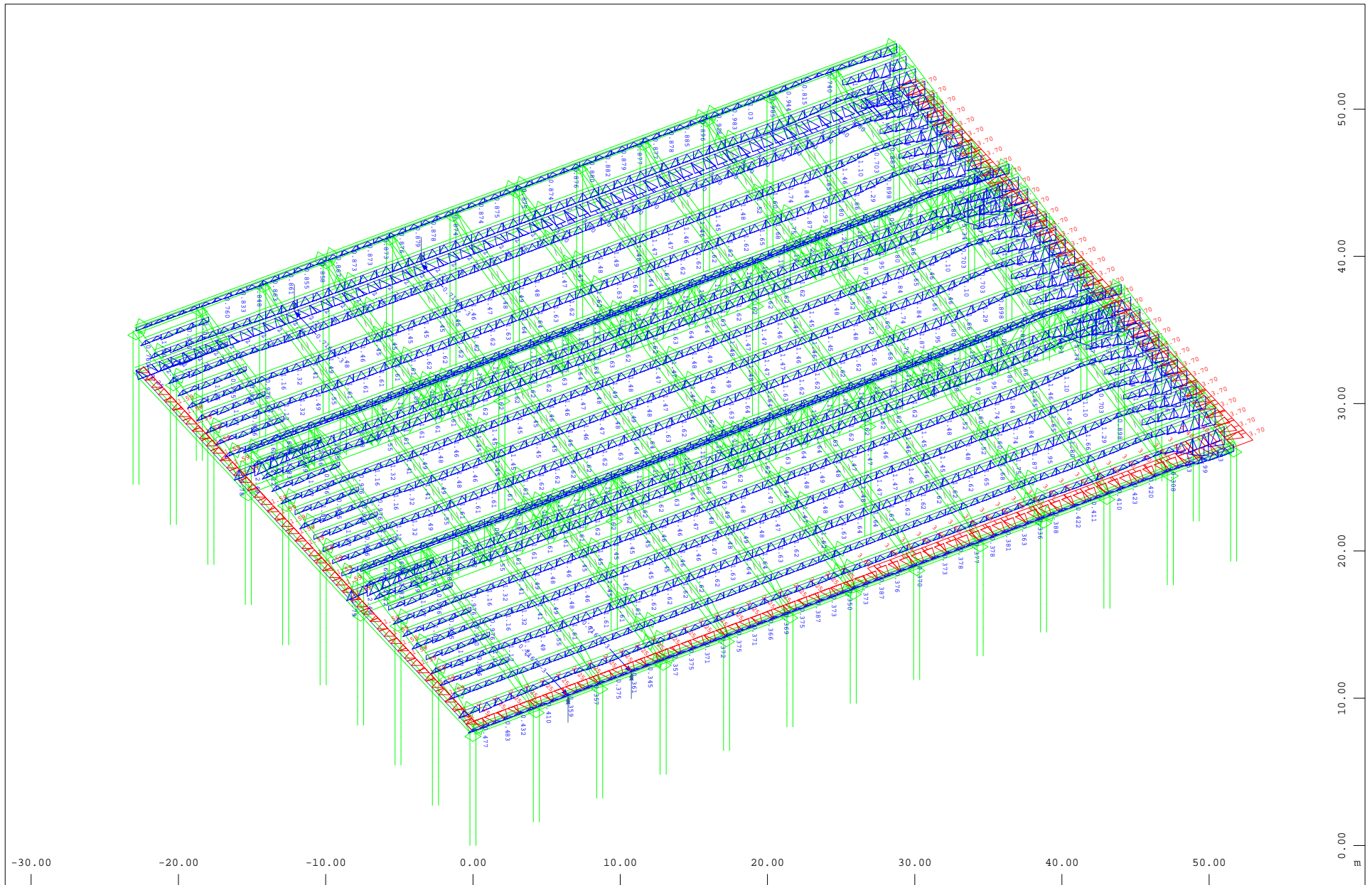
Free area load (force) in global Z (Unit=2.00





M 1 : 304  
 X \* 0.686  
 Y \* 0.827  
 Z \* 0.919

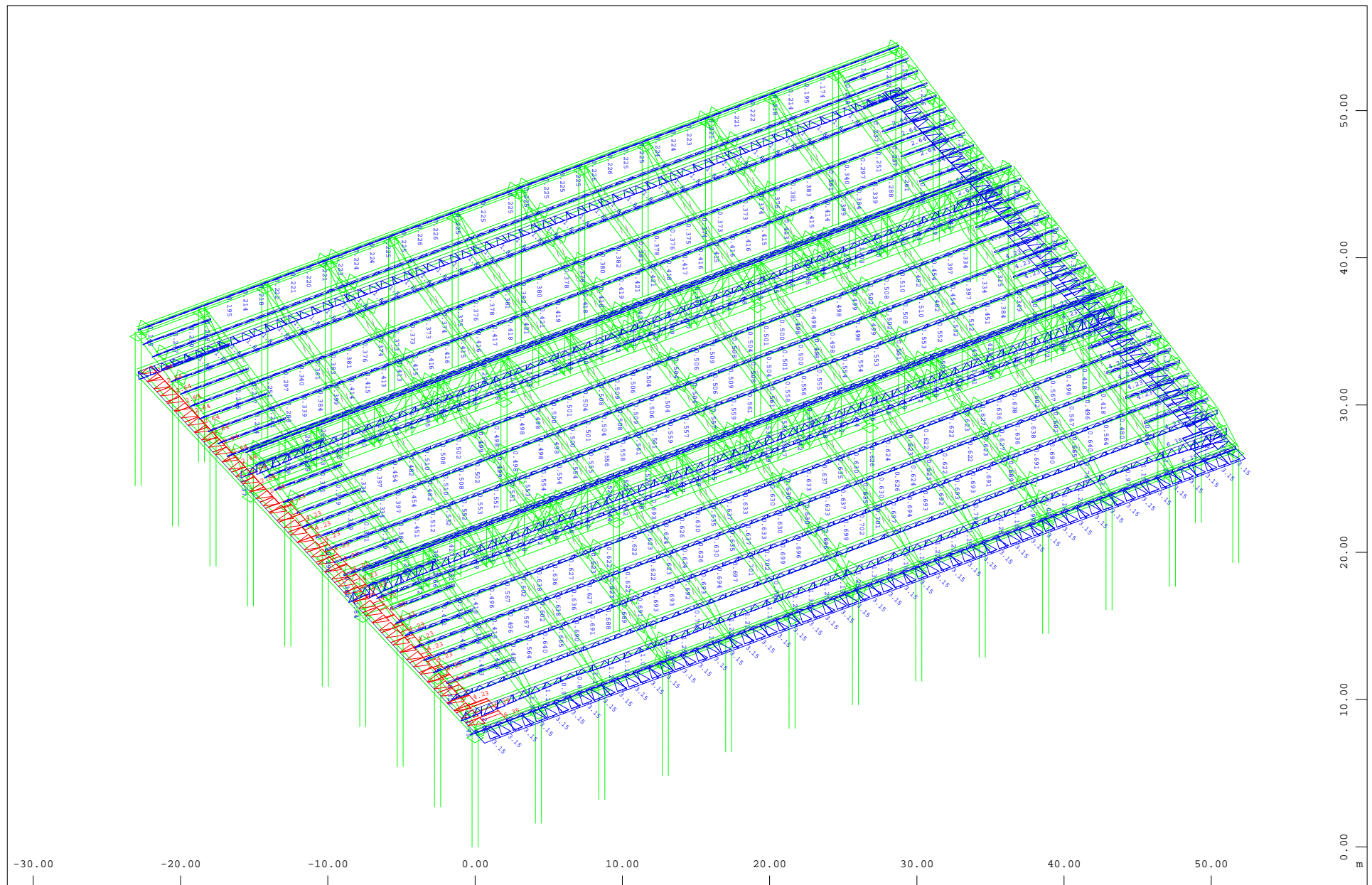




Sector of system Beam Elements Group 1...10 101...105 111 115 125 130 140 150...152  
 All loads, Loadcase 50 Viento X+ , (1 cm 3D = unit) Beam line load (force) in global X (Unit=9.02 kN/m,Min=-1.59 Max=3.70 ) , Beam  
 line load (force) in global Y (Unit=9.02 kN/m,Min=-5.40 Max=5.40 ) , Beam line load (force) in global Z (Unit=9.02 kN/m,Max=7.78 )  
 M 1 : 365  
 X \* 0.919  
 Y \* 0.745  
 Z \* 0.774



Sector of system Beam Elements Group 1...10 101...105 111 115 125 130 140 150...152  
 All loads, Loadcase 52 Viento X- , (1 cm 3D = unit) Nodal load (force) vector (Unit= 9.0234e-04 kN,Max= 7.1883e-04 ) , Nodal load (moment) vector (Unit= 3.6094e-07 kNm,Max= 2.3034e-07 ) , Beam line load (force) in global X (Unit=9.02 kN/m,Min=-3.70 ) , Beam line load (moment) in global X (Unit=9.02 kNm/m,Min=-3.70 )  
 M 1 : 365  
 X \* 0.919  
 Y \* 0.745  
 Z \* 0.774



Sector of system Beam Elements Group 1...10 101...105 111 115 125 130 140 150...152

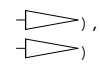


All loads, Loadcase 54 Viento Y+ S1 , (1 cm 3D = unit) Beam line load (force) in global X (Unit=9.02 kN/m,Min=-6.35 Max=6.35

Beam line load (force) in global Y (Unit=9.02 kN/m,Max=3.15



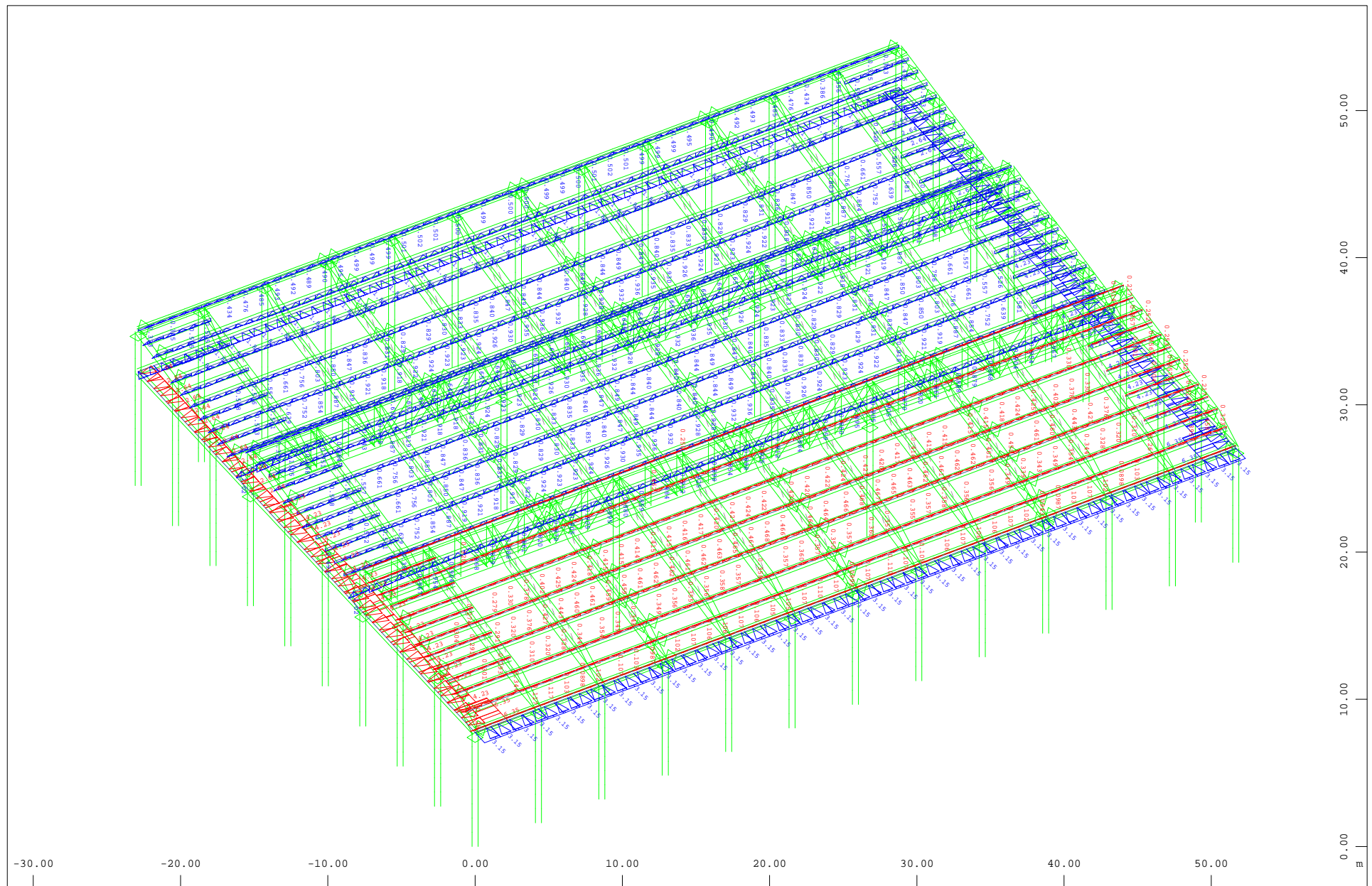
), Beam line load (force) in global Z (Unit=9.02 kN/m,Max=2.56



M 1 : 365


X \* 0.919  
Y \* 0.745  
Z \* 0.774

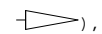




Sector of system Beam Elements Group 1...10 101...105 111 115 125 130 140 150...152

All loads, Loadcase 56 Viento Y+ S2 , (1 cm 3D = unit) Beam line load (force) in global X (Unit=9.02 kN/m,Min=-6.35 Max=6.35

Beam line load (force) in global Y (Unit=9.02 kN/m,Max=3.15 , Beam line load (force) in global Z (Unit=9.02 kN/m,Min=-0.468

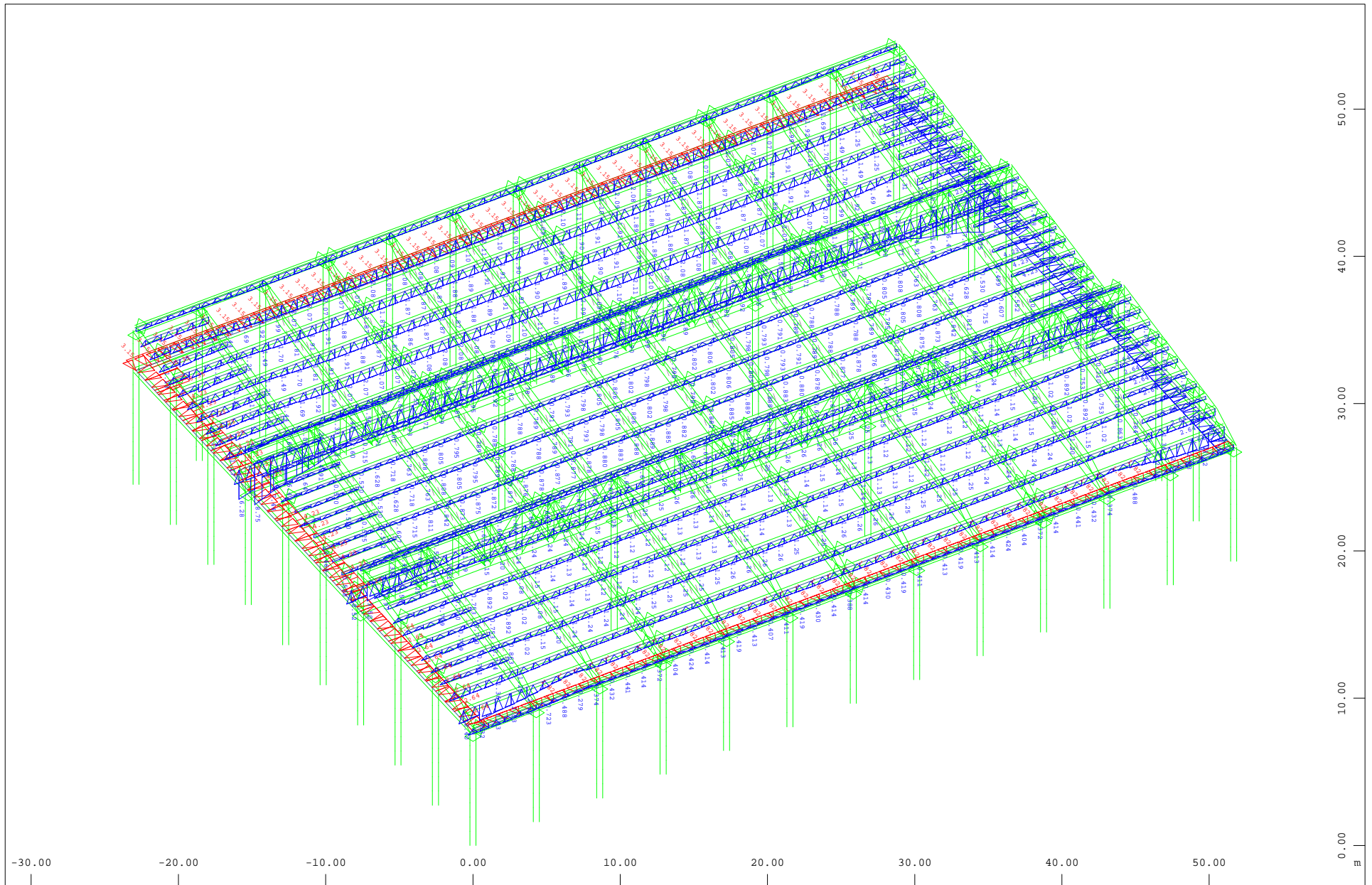


M 1 : 365

X \* 0.919

Y \* 0.745

Z \* 0.774

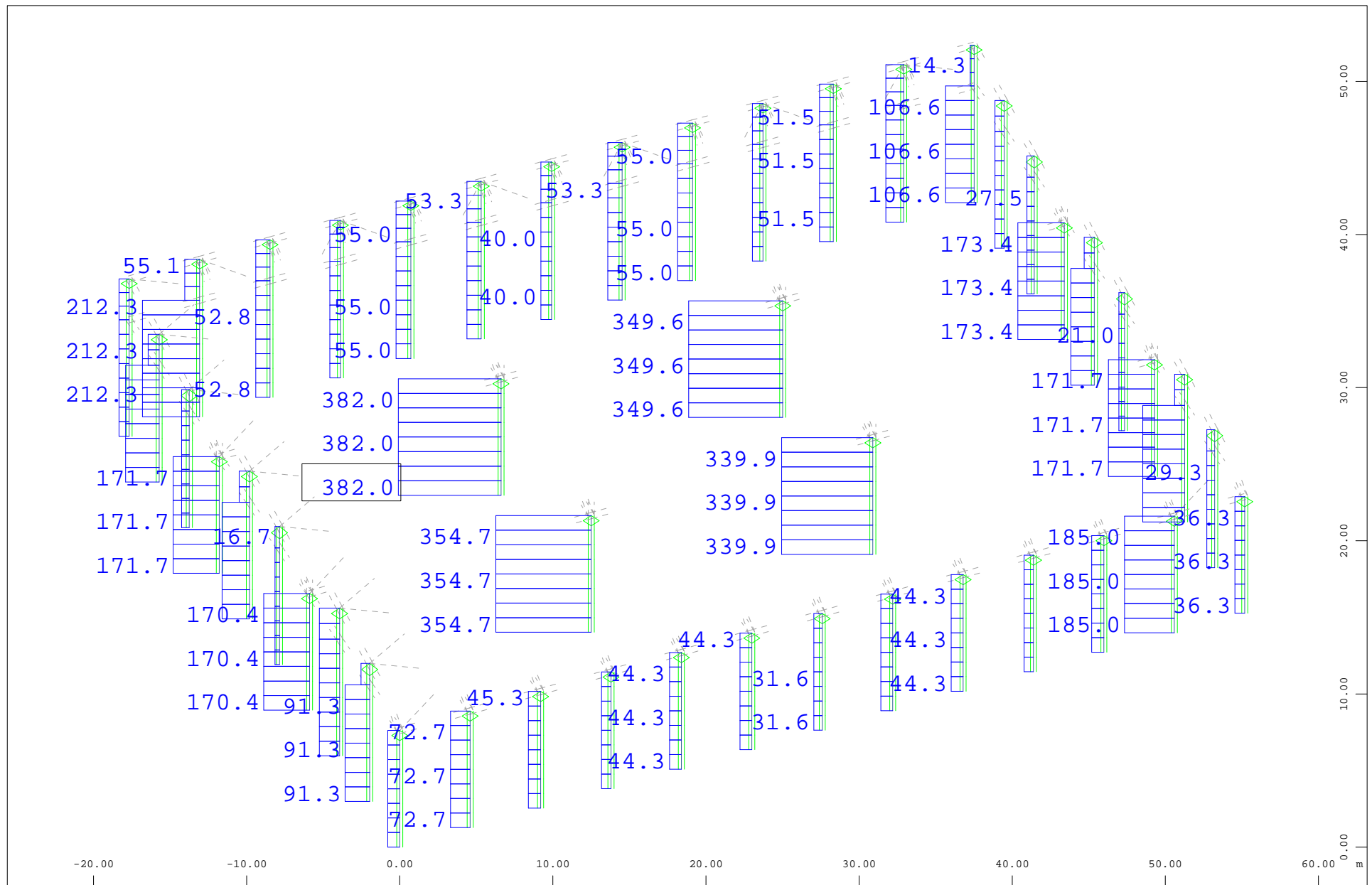


Sector of system Beam Elements Group 1...10 101...105 111 115 125 130 140 150...152  
 All loads, Loadcase 58 Viento Y- , (1 cm 3D = unit) Beam line load (force) in global X (Unit=9.02 kN/m,Min=-6.35 Max=6.35  
 line load (force) in global Y (Unit=9.02 kN/m,Min=-3.15 Max=-1.82  
 Beam line load (force) in global Z (Unit=9.02

M 1 : 365  
 X \* 0.919  
 Y \* 0.745  
 Z \* 0.774

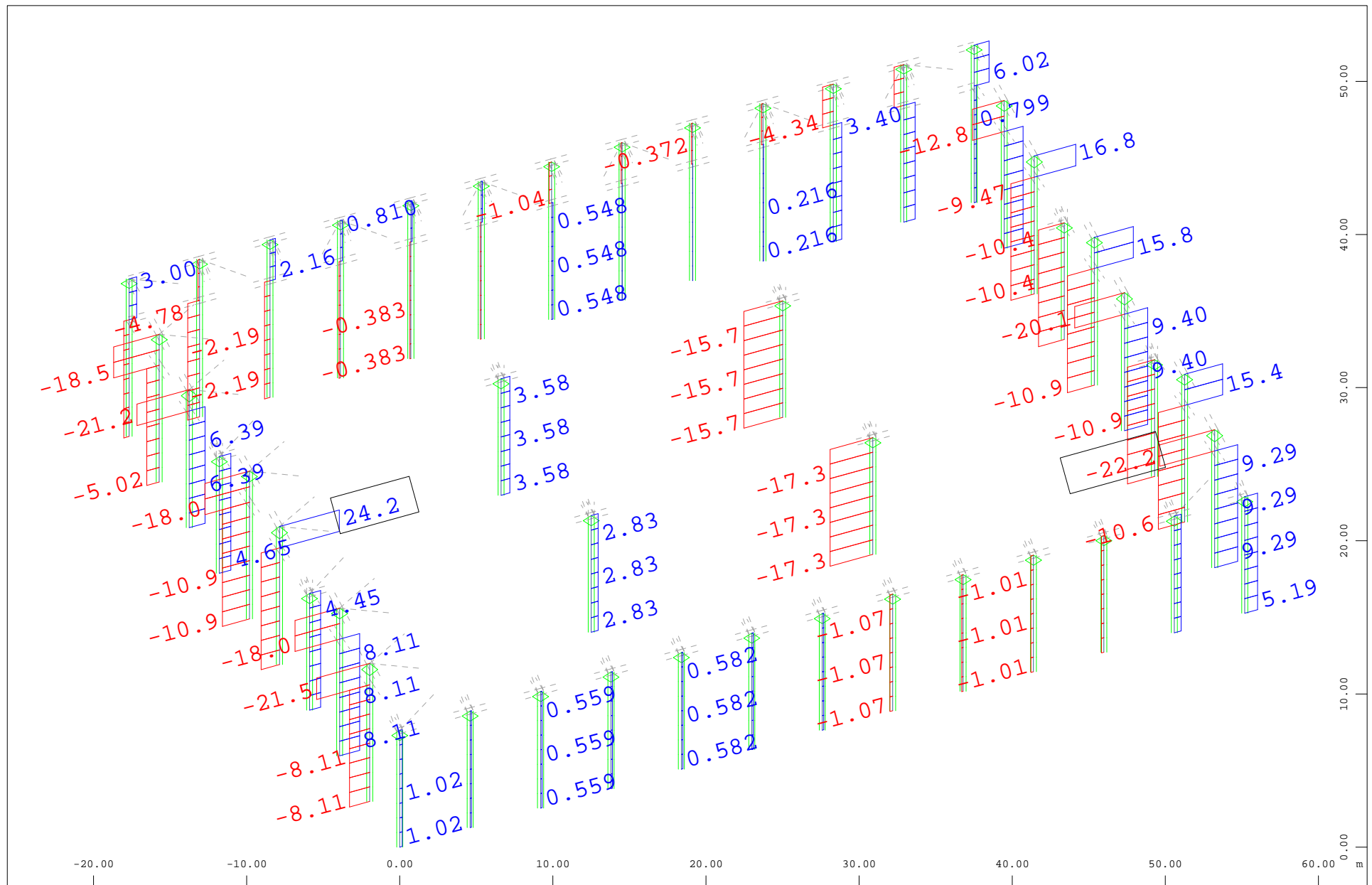


### **3.A8. ENVOLVENTE DE ESFUERZOS. SITUACIONES PESISTENTES Y TRANSITORIOAS (ELU)**



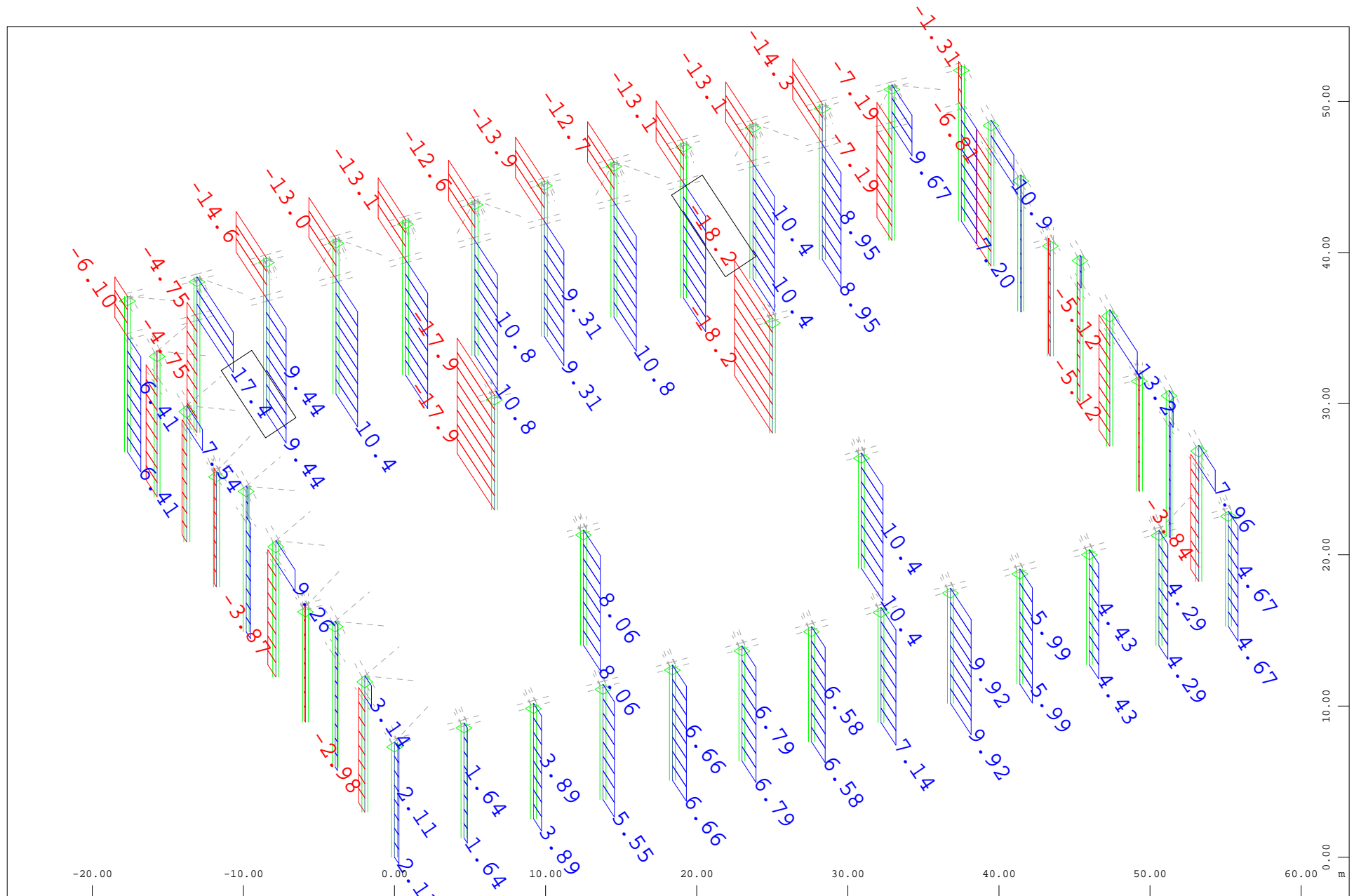
Sector of system Beam Elements Group 1...10  
 Beam Elements , Normal force  $N_x$ , Loadcase 109121 MAX-N BEAM Forces in Beam Element , 1 cm 3D = 200.0 kN (Max=382.0)

M 1 : 351  
 X \* 0.954  
 Y \* 0.714  
 Z \* 0.762



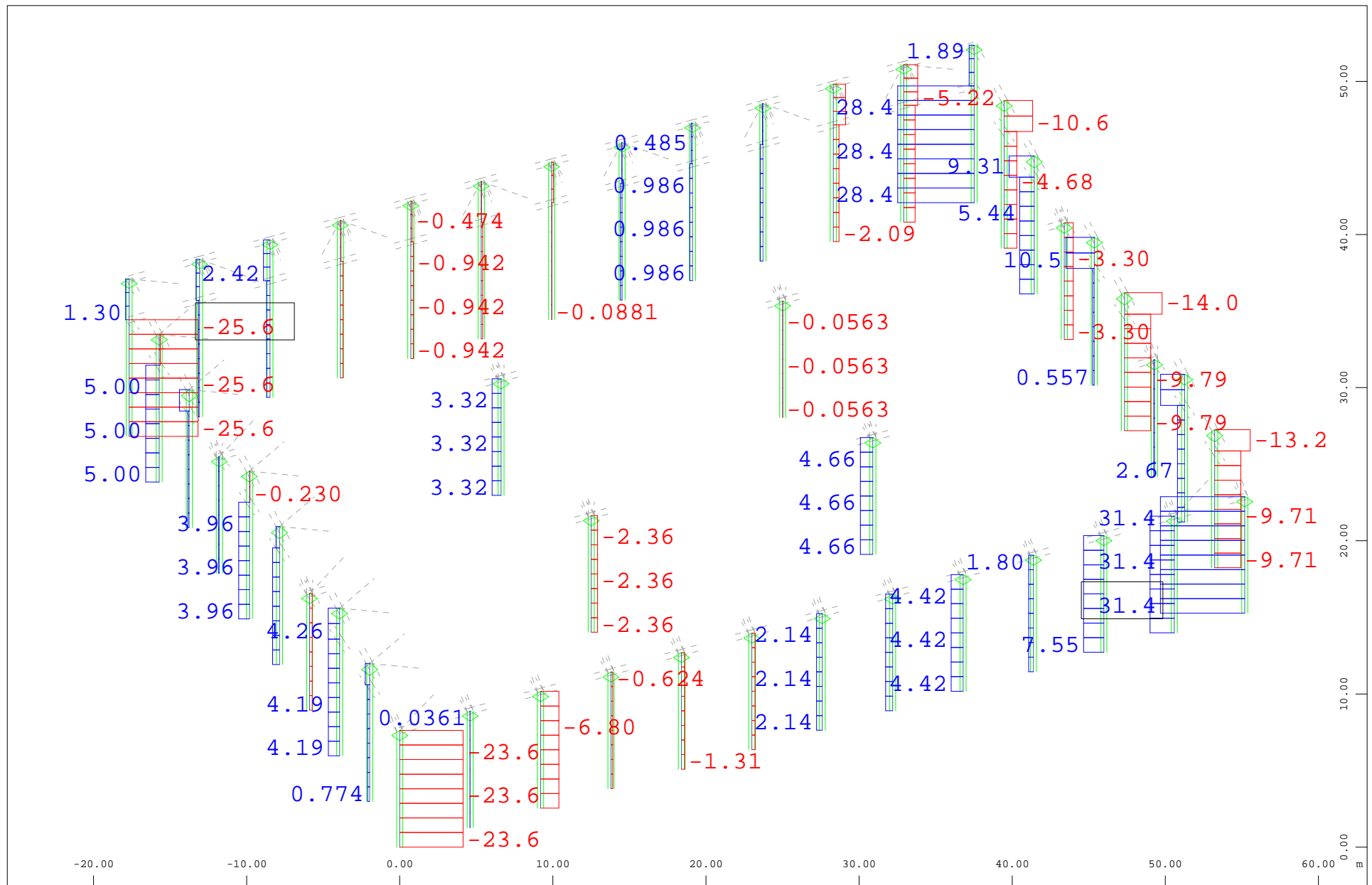
Sector of system Beam Elements Group 1...10  
 Beam Elements , Shear force  $V_y$ , Loadcase 109121 MAX-N BEAM Forces in Beam Elemen , 1 cm 3D = 20.0 kN (Min=-22.2) (Max=24.2)

M 1 : 351  
 X \* 0.954  
 Y \* 0.714  
 Z \* 0.762



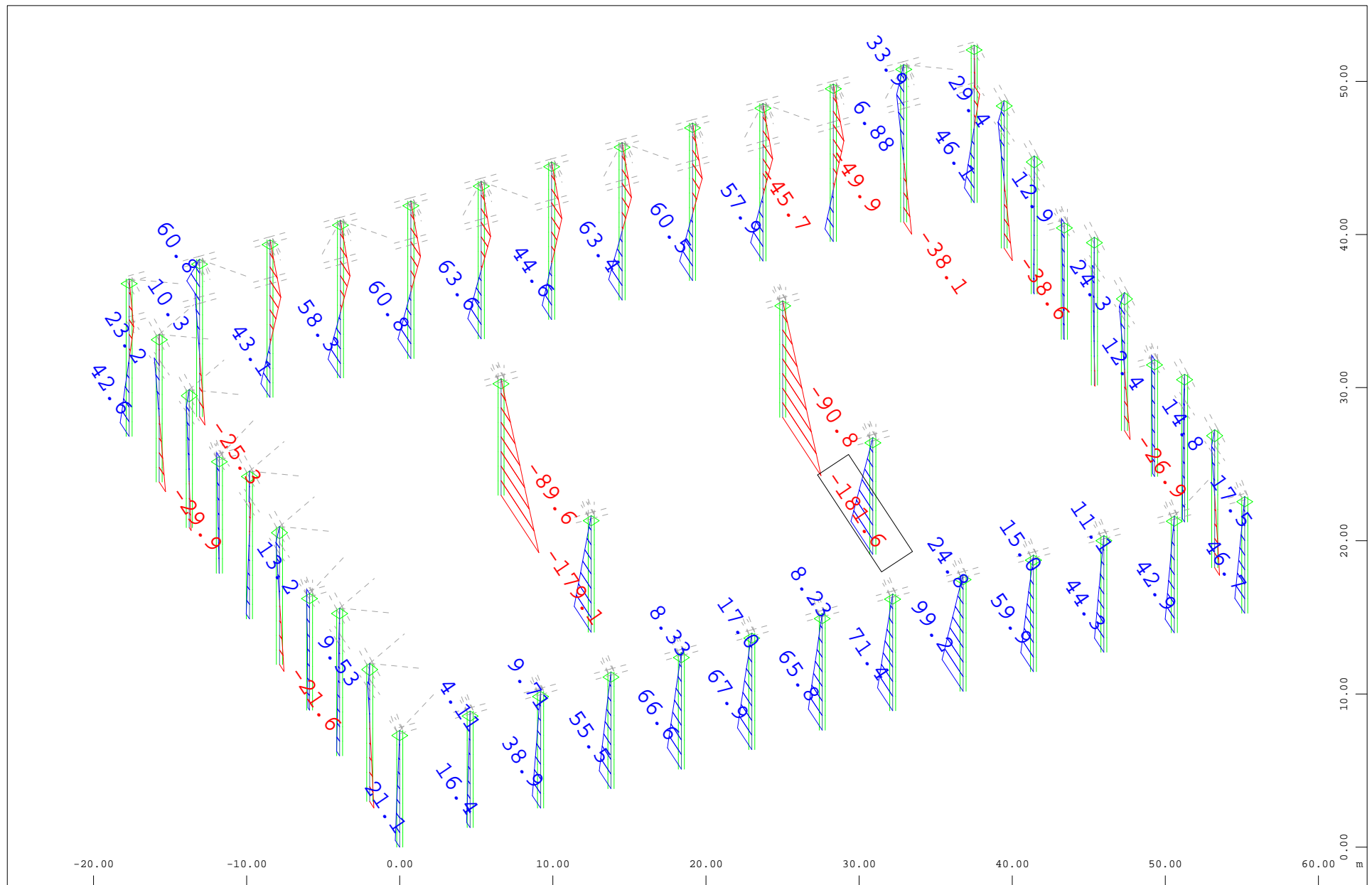
Sector of system Beam Elements Group 1...10  
 Beam Elements , Shear force  $V_z$ , Loadcase 109121 MAX-N BEAM Forces in Beam Elemen , 1 cm 3D = 10.0 kN (Min=-18.2) (Max=17.4)

M 1 : 351  
 X \* 0.954  
 Y \* 0.714  
 Z \* 0.762



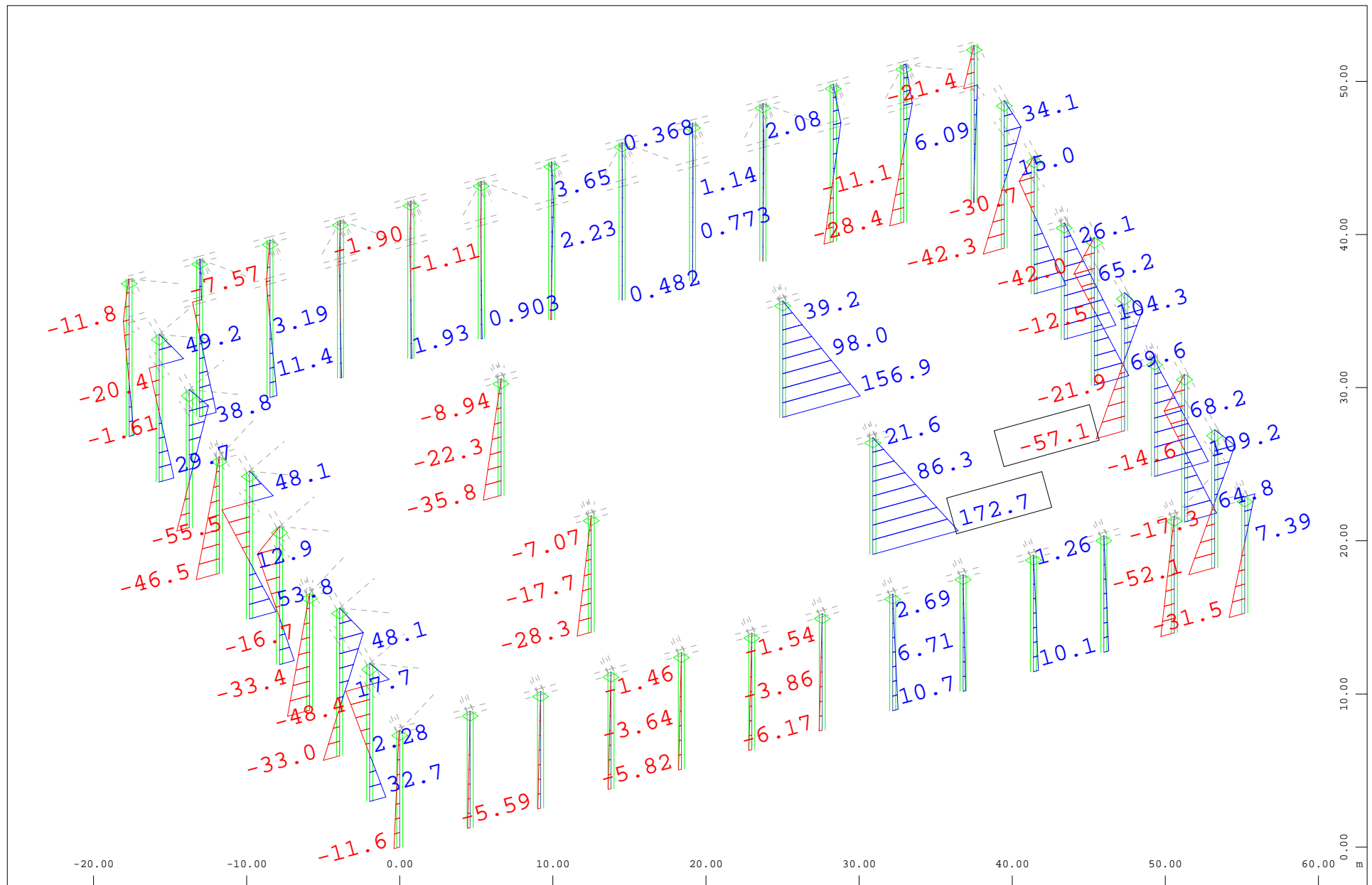
Sector of system Beam Elements Group 1...10  
 Beam Elements , Torsional moment Mt, Loadcase 109121 MAX-N BEAM Forces in Beam Elemen , 1 cm 3D = 20.0 kNm (Min=-25.6) (Max=31.4)

M 1 : 351  
 X \* 0.954  
 Y \* 0.714  
 Z \* 0.762



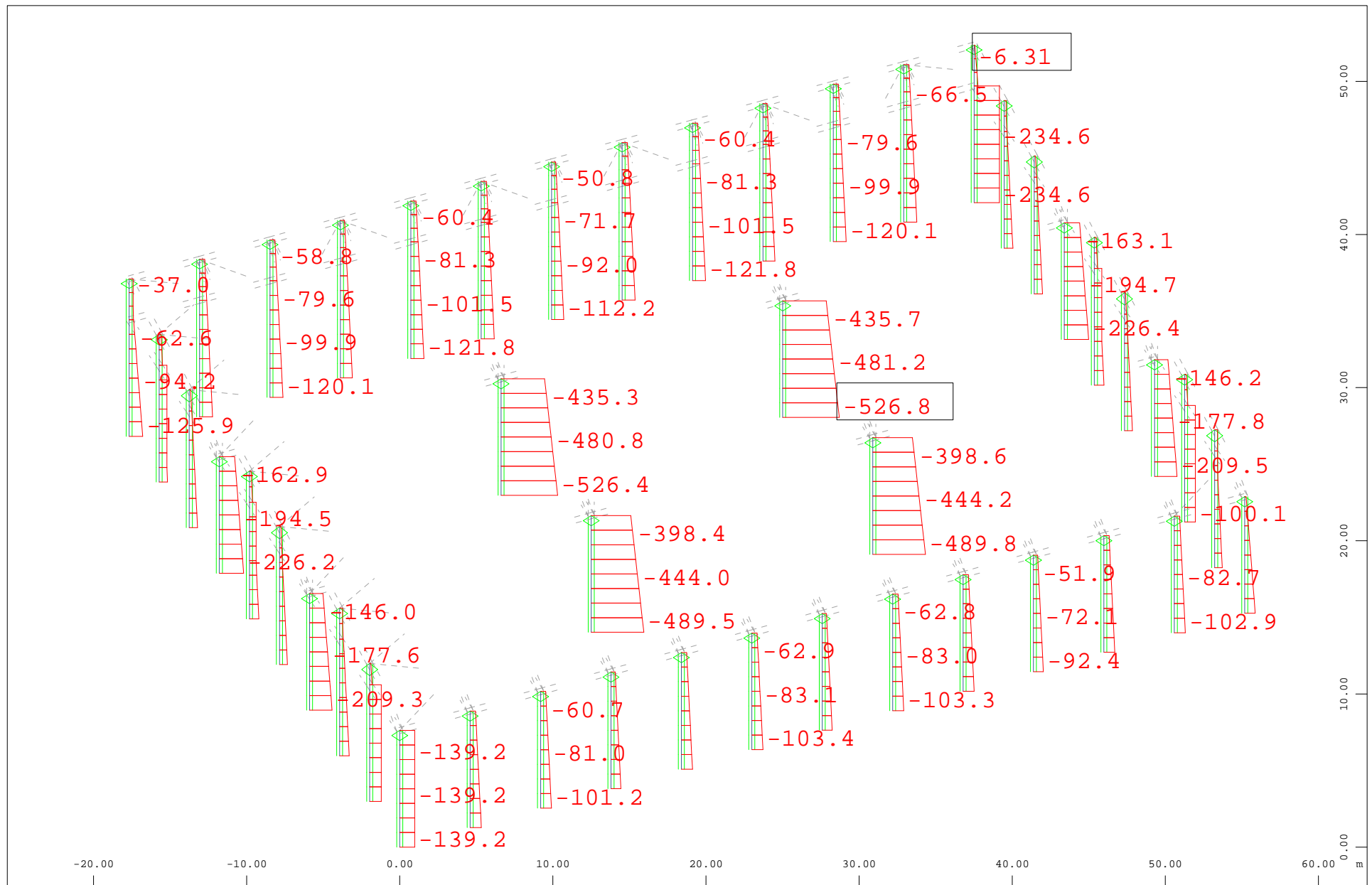
Sector of system Beam Elements Group 1...10  
 Beam Elements , Bending moment  $M_y$ , Loadcase 109121 MAX-N BEAM Forces in Beam Elemen , 1 cm 3D = 100.0 kNm (Min=-181.6) (Max=103.6)

M 1 : 351  
 X \* 0.954  
 Y \* 0.714  
 Z \* 0.762



Sector of system Beam Elements Group 1...10  
 Beam Elements , Bending moment Mz, Loadcase 109121 MAX-N BEAM Forces in Beam Element , 1 cm 3D = 100.0 kNm (Min=-57.1) (Max=172.7)

M 1 : 351  
 X \* 0.954  
 Y \* 0.714  
 Z \* 0.762



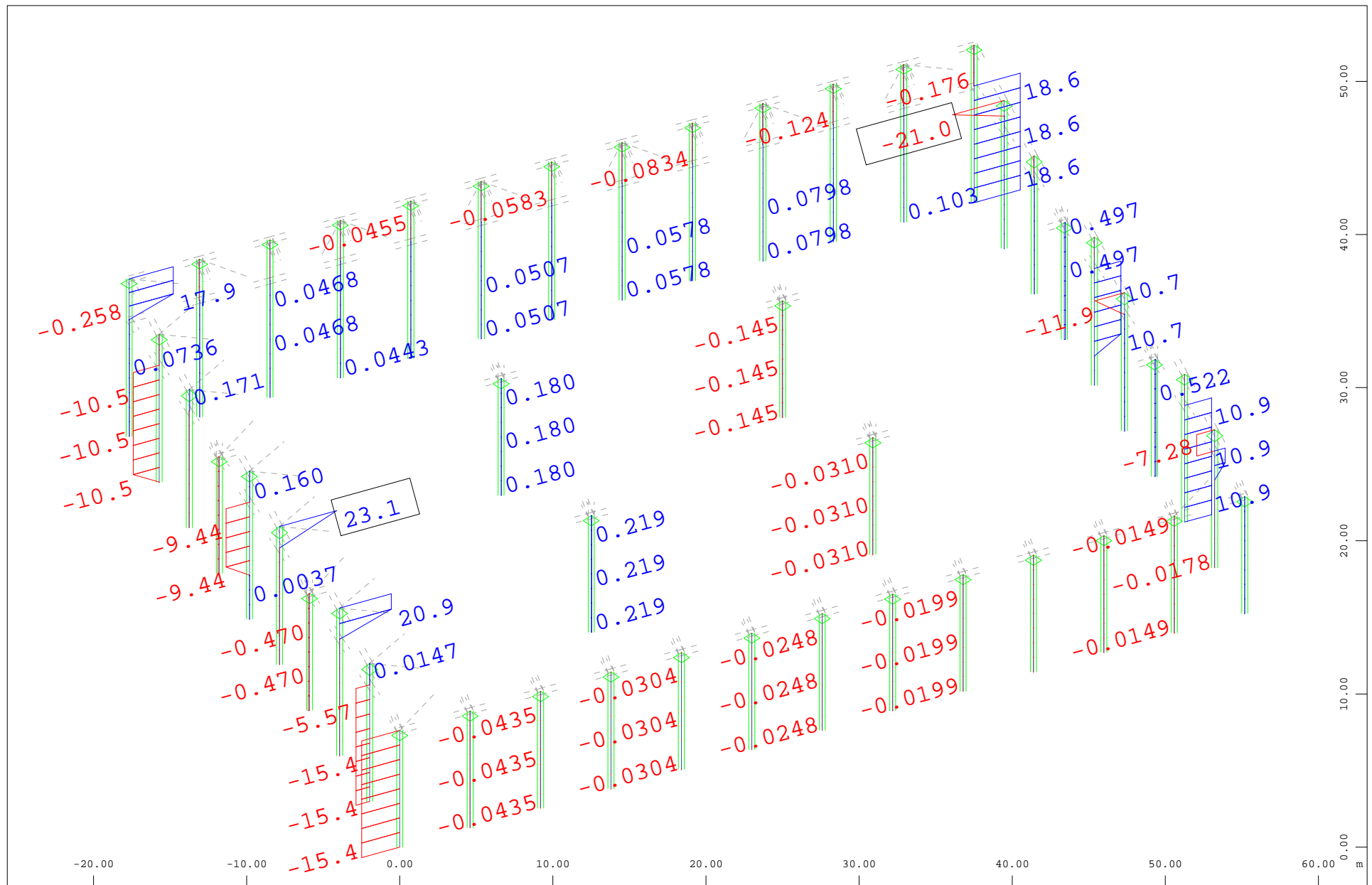
Sector of system Beam Elements Group 1...10

Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 109122 MIN-N BEAM Forces in Beam Element , 1 cm 3D = 500.0 kN (Min=-526.8) (Max=-6.31)

M 1 : 351

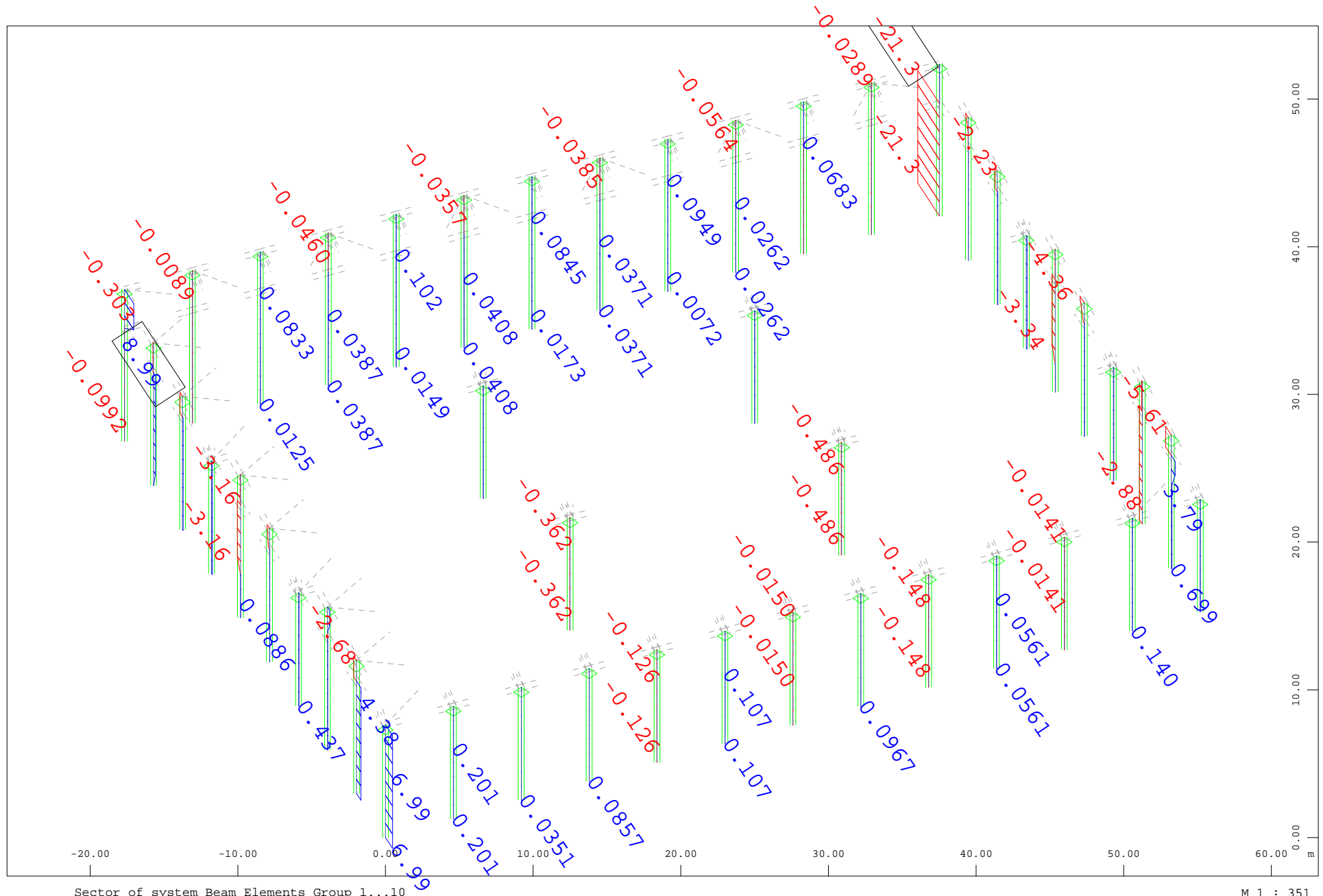
X \* 0.954  
Y \* 0.714  
Z \* 0.762





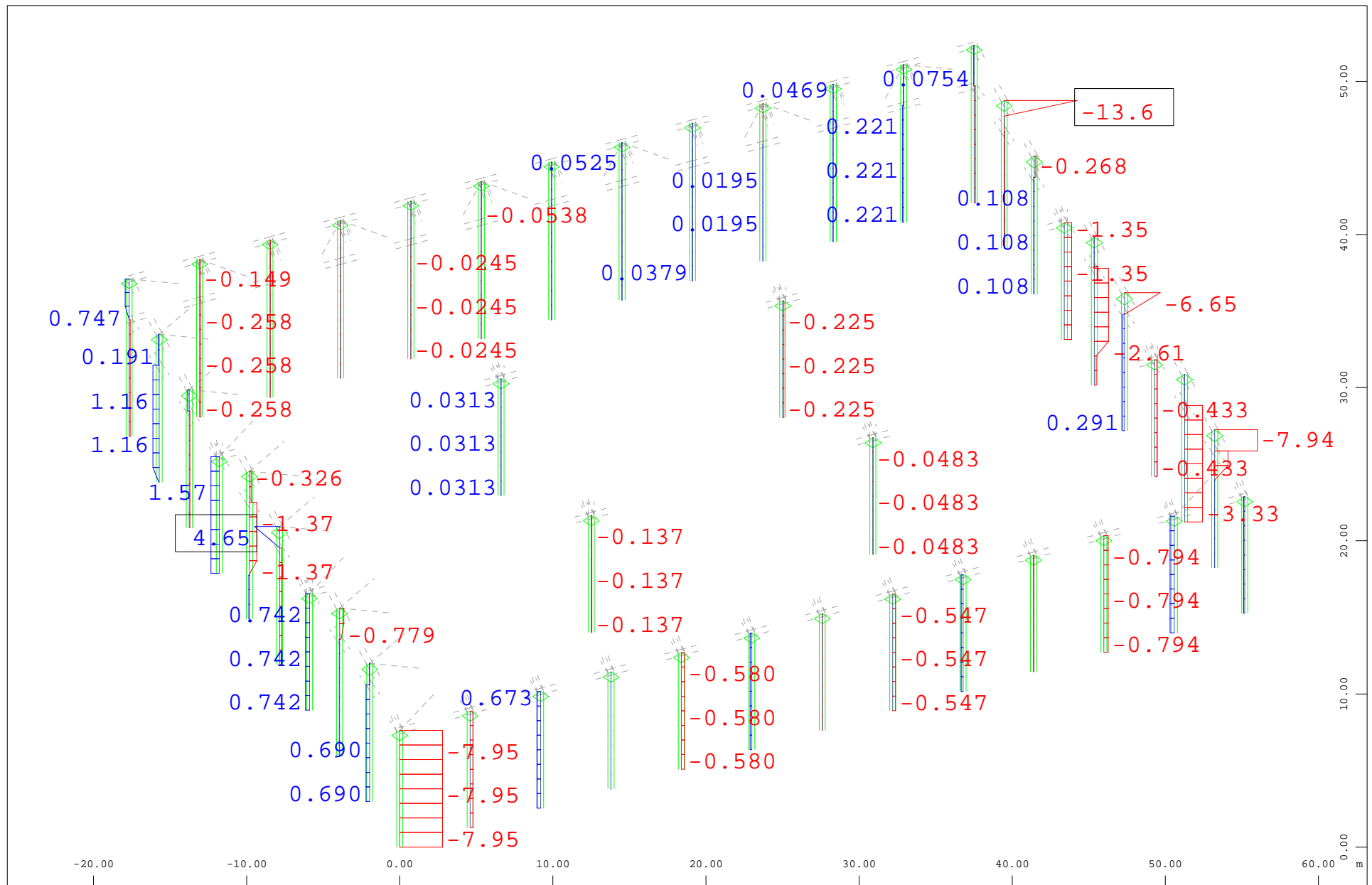
Sector of system Beam Elements Group 1...10  
 Beam Elements , Shear force  $V_y$ , Loadcase 109122 MIN-N BEAM Forces in Beam Elemen , 1 cm 3D = 20.0 kN (Min=-21.0) (Max=23.1)

M 1 : 351  
 X \* 0.954  
 Y \* 0.714  
 Z \* 0.762



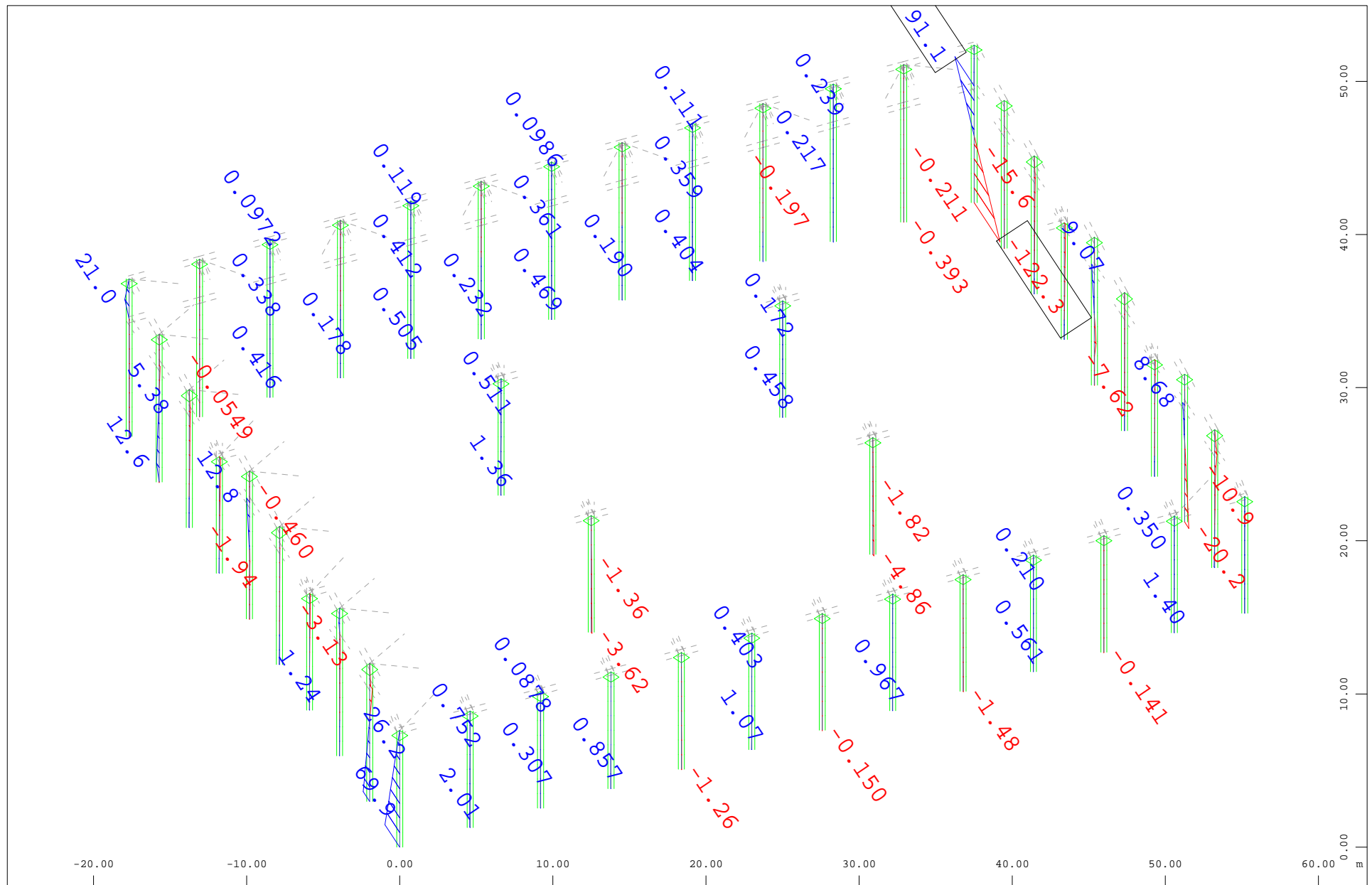
Sector of system Beam Elements Group 1...10  
 Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 109122 MIN-N BEAM Forces in Beam Elemen , 1 cm 3D = 20.0 kN (Min=-21.3) (Max=8.99)

M 1 : 351  
 X \* 0.954  
 Y \* 0.714  
 Z \* 0.762



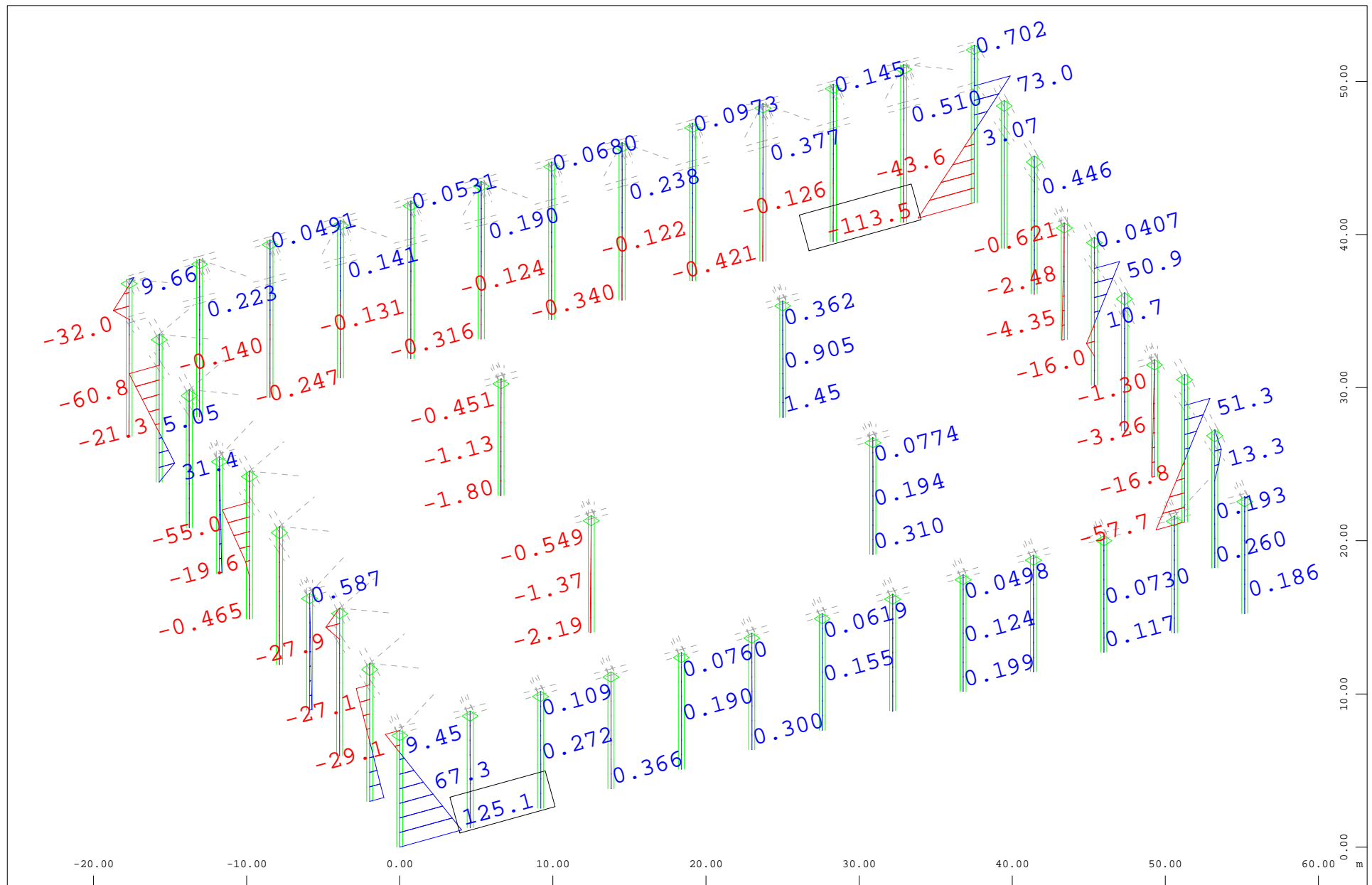
Sector of system Beam Elements Group 1...10  
 Beam Elements , Torsional moment  $M_t$ , Loadcase 109122 MIN-N BEAM Forces in Beam Elemen , 1 cm 3D = 10.0 kNm (Min=-13.6) (Max=4.65)

M 1 : 351  
 X \* 0.954  
 Y \* 0.714  
 Z \* 0.762



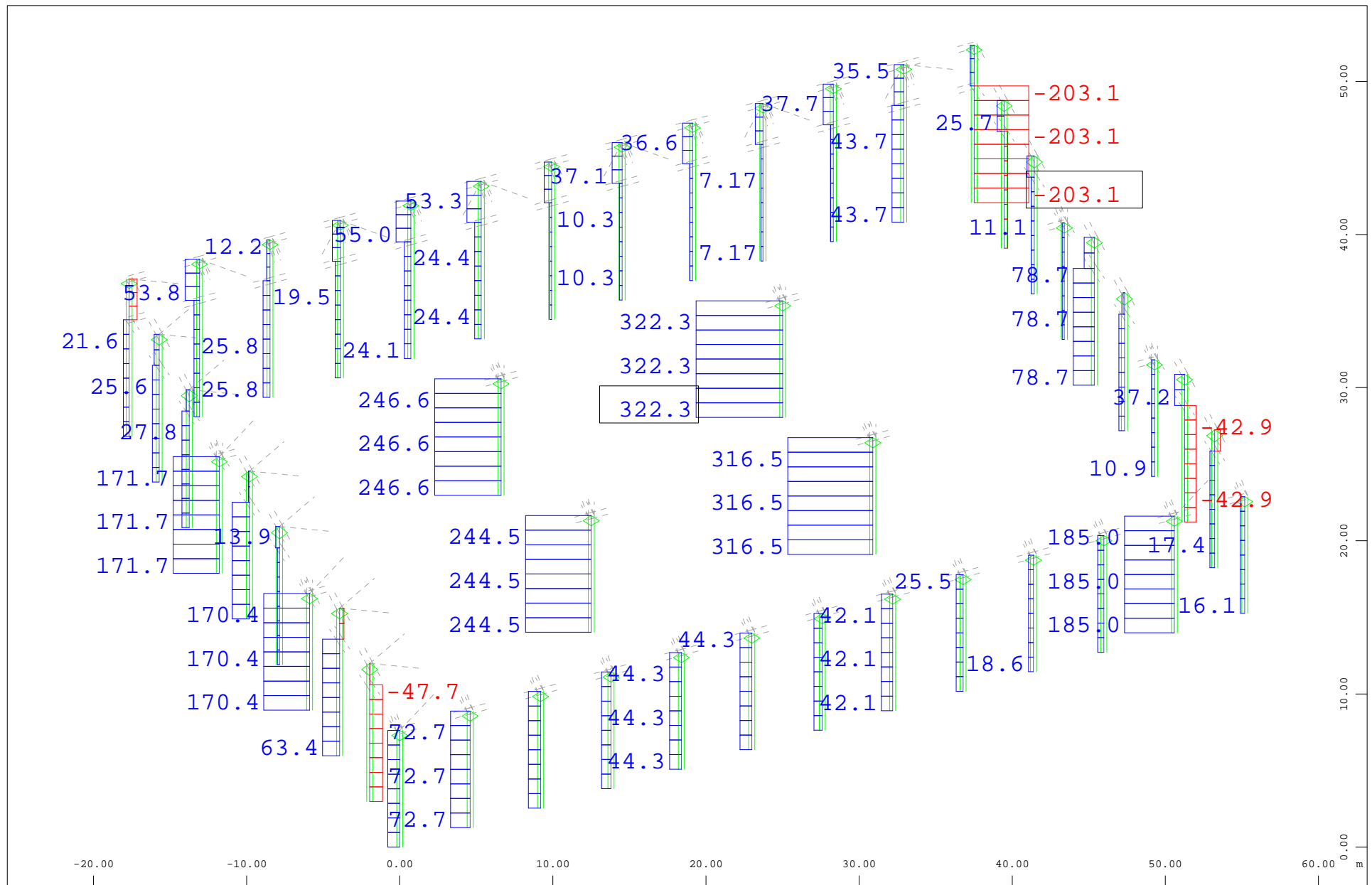
Sector of system Beam Elements Group 1...10  
 Beam Elements , Bending moment  $M_y$ , Loadcase 109122 MIN-N BEAM Forces in Beam Element , 1 cm 3D = 100.0 kNm (Min=-122.3) (Max=91.1)

M 1 : 351  
 X \* 0.954  
 Y \* 0.714  
 Z \* 0.762



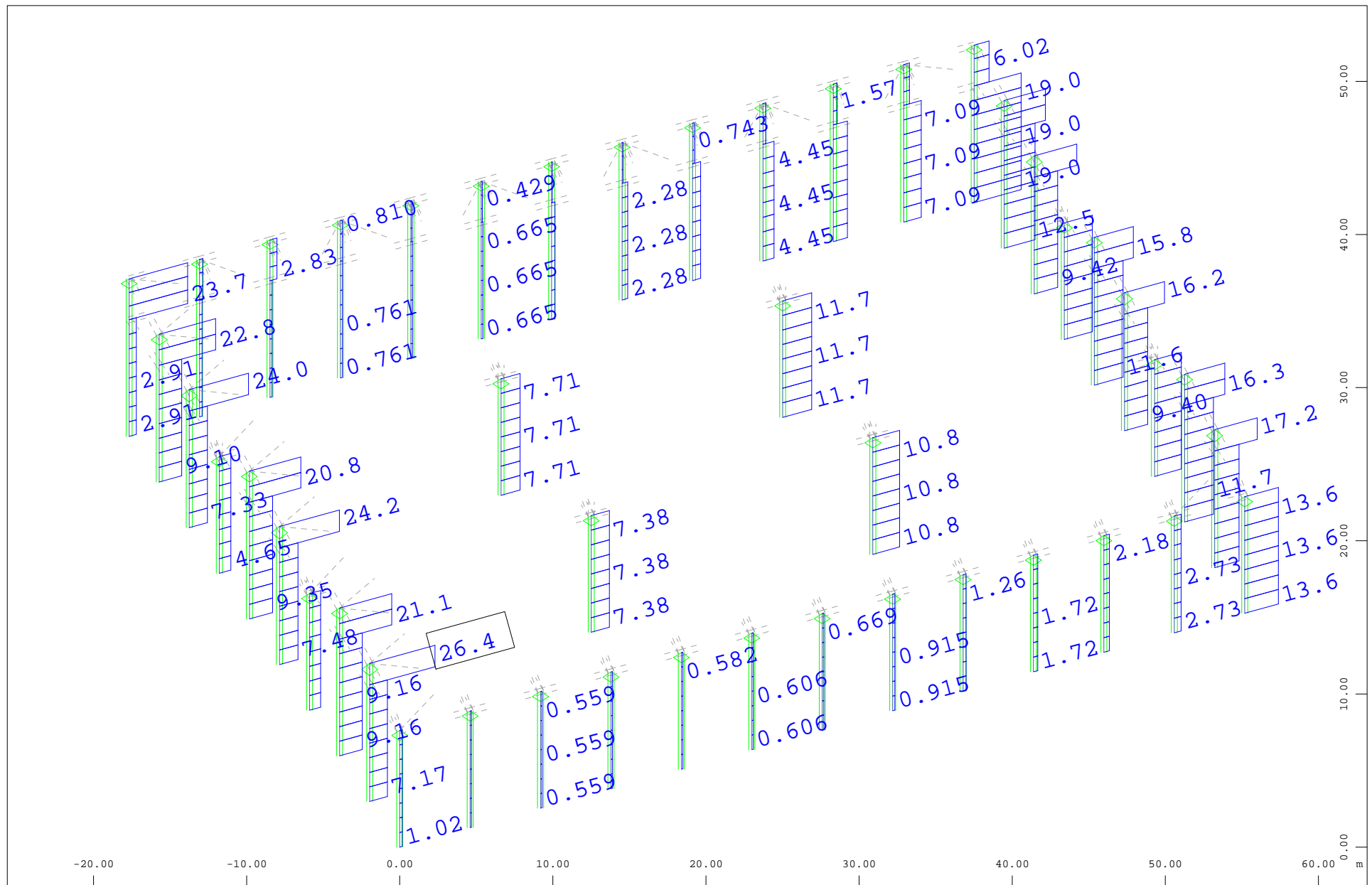
Sector of system Beam Elements Group 1...10  
 Beam Elements , Bending moment Mz, Loadcase 109122 MIN-N BEAM Forces in Beam Elemen , 1 cm 3D = 100.0 kNm (Min=-113.5) (Max=125.1)

M 1 : 351  
 X \* 0.954  
 Y \* 0.714  
 Z \* 0.762



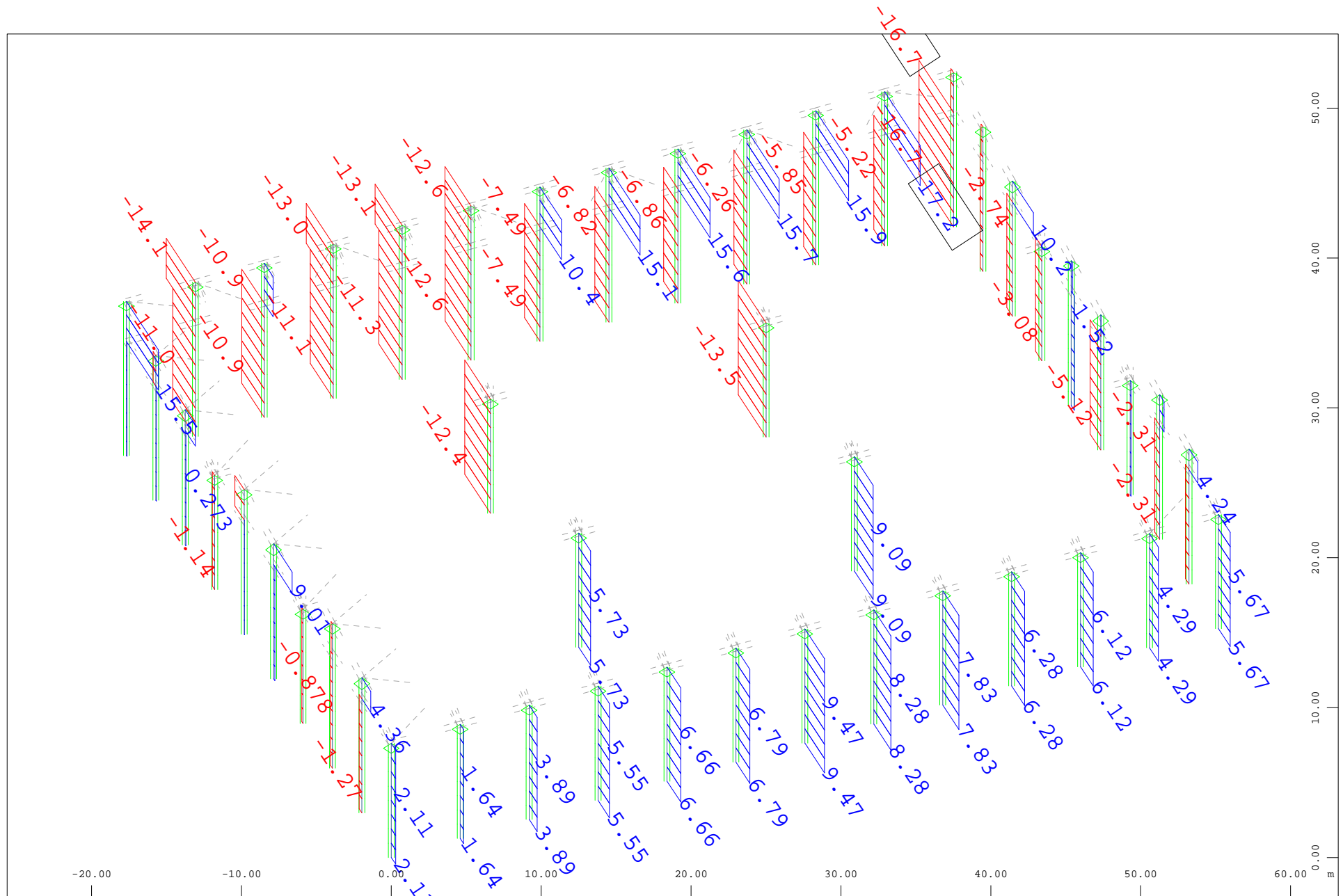
Sector of system Beam Elements Group 1...10  
 Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 109123 MAX-VY BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 200.0 kN (Min=-203.1) (Max=322.3)

M 1 : 351  
 X \* 0.954  
 Y \* 0.714  
 Z \* 0.762



Sector of system Beam Elements Group 1...10  
 Beam Elements , Shear force  $V_y$ , Loadcase 109123 MAX-VY BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 20.0 kN (Max=26.4)

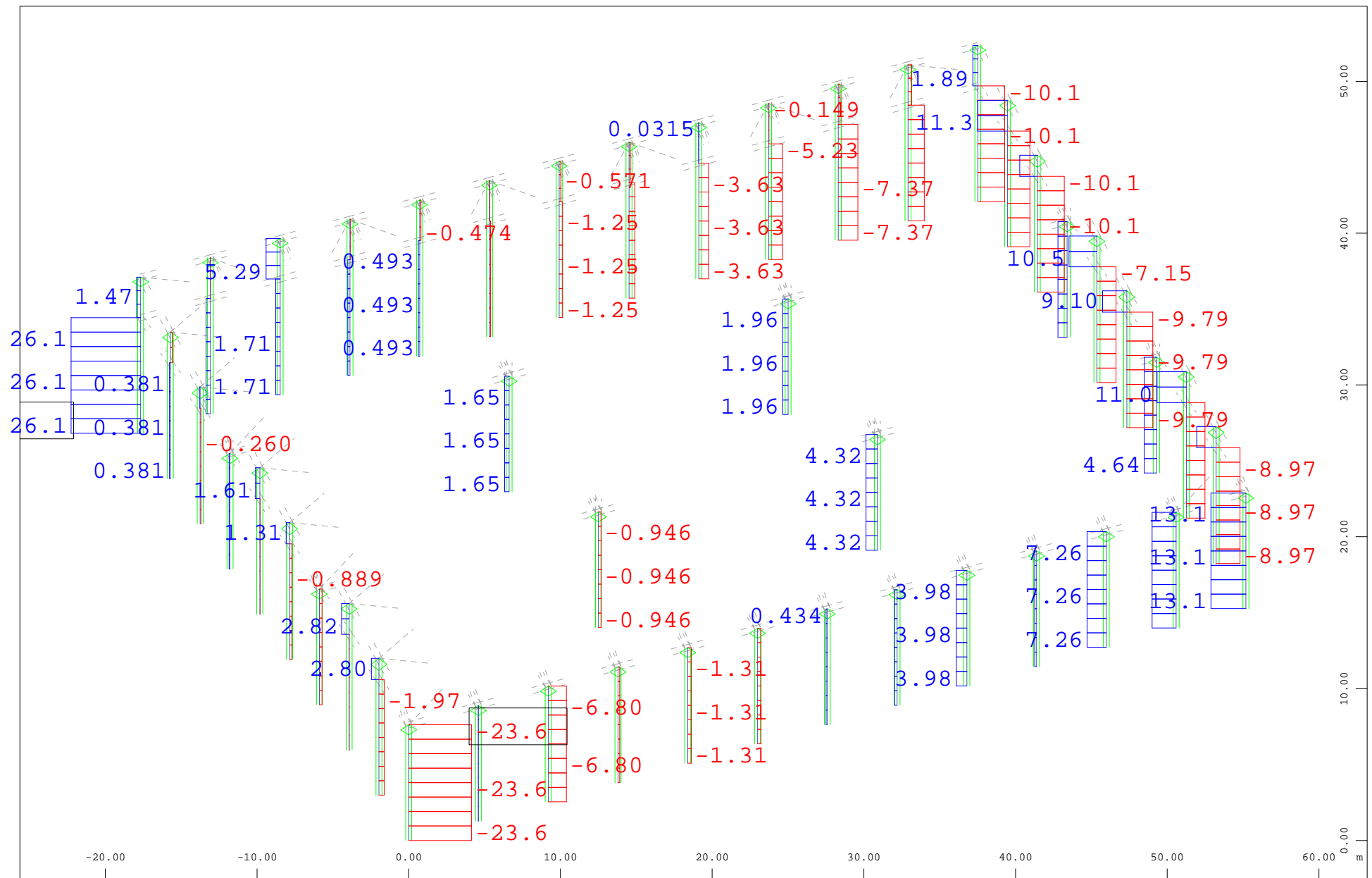
M 1 : 351  
 X \* 0.954  
 Y \* 0.714  
 Z \* 0.762



Sector of system Beam Elements Group 1...10  
 Beam Elements , Shear force  $V_z$ , Loadcase 109123 MAX-VY BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 10.0 kN (Min=-16.7) (Max=17.2)

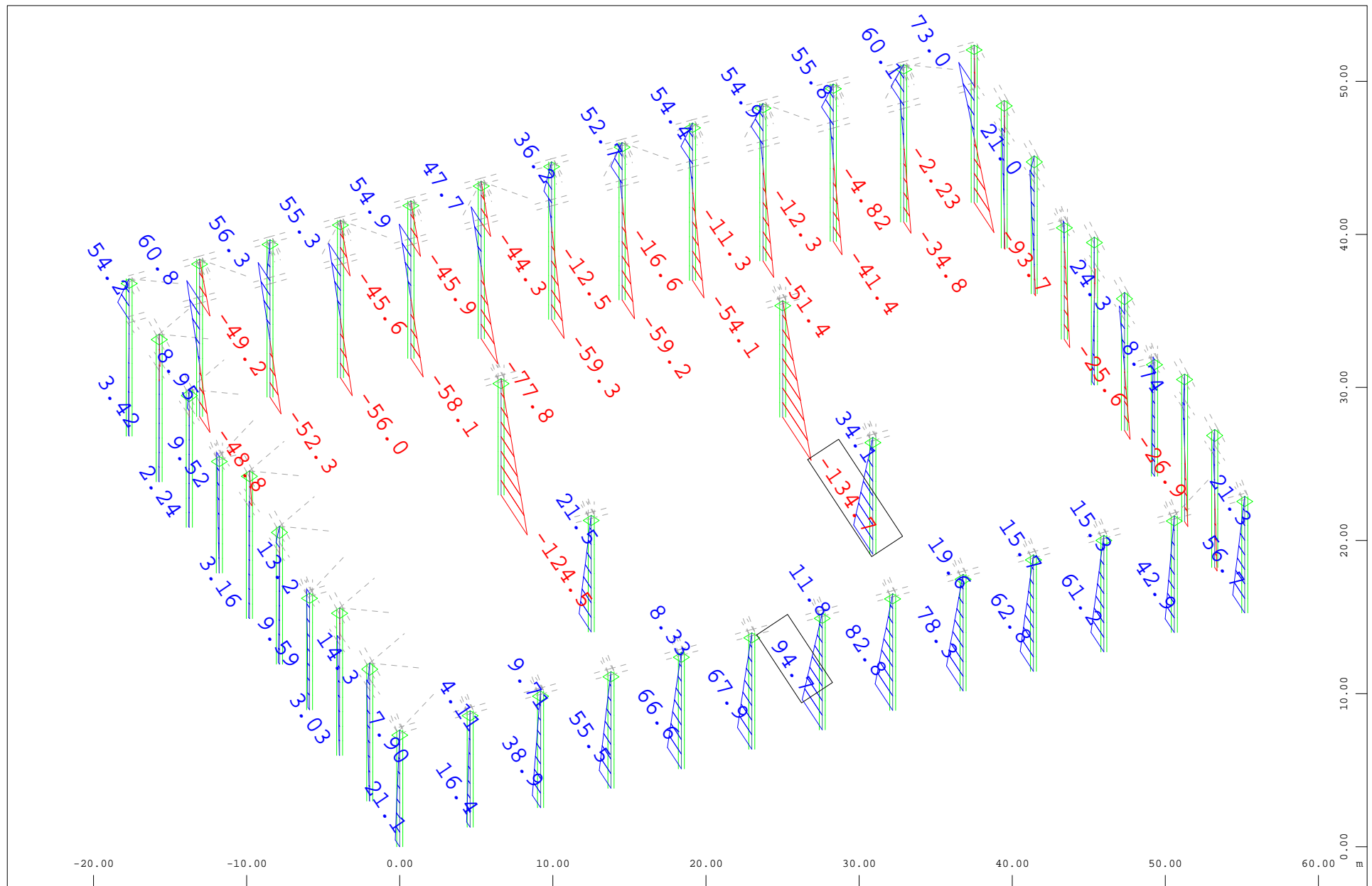
M 1 : 351  
 X \* 0.954  
 Y \* 0.714  
 Z \* 0.762





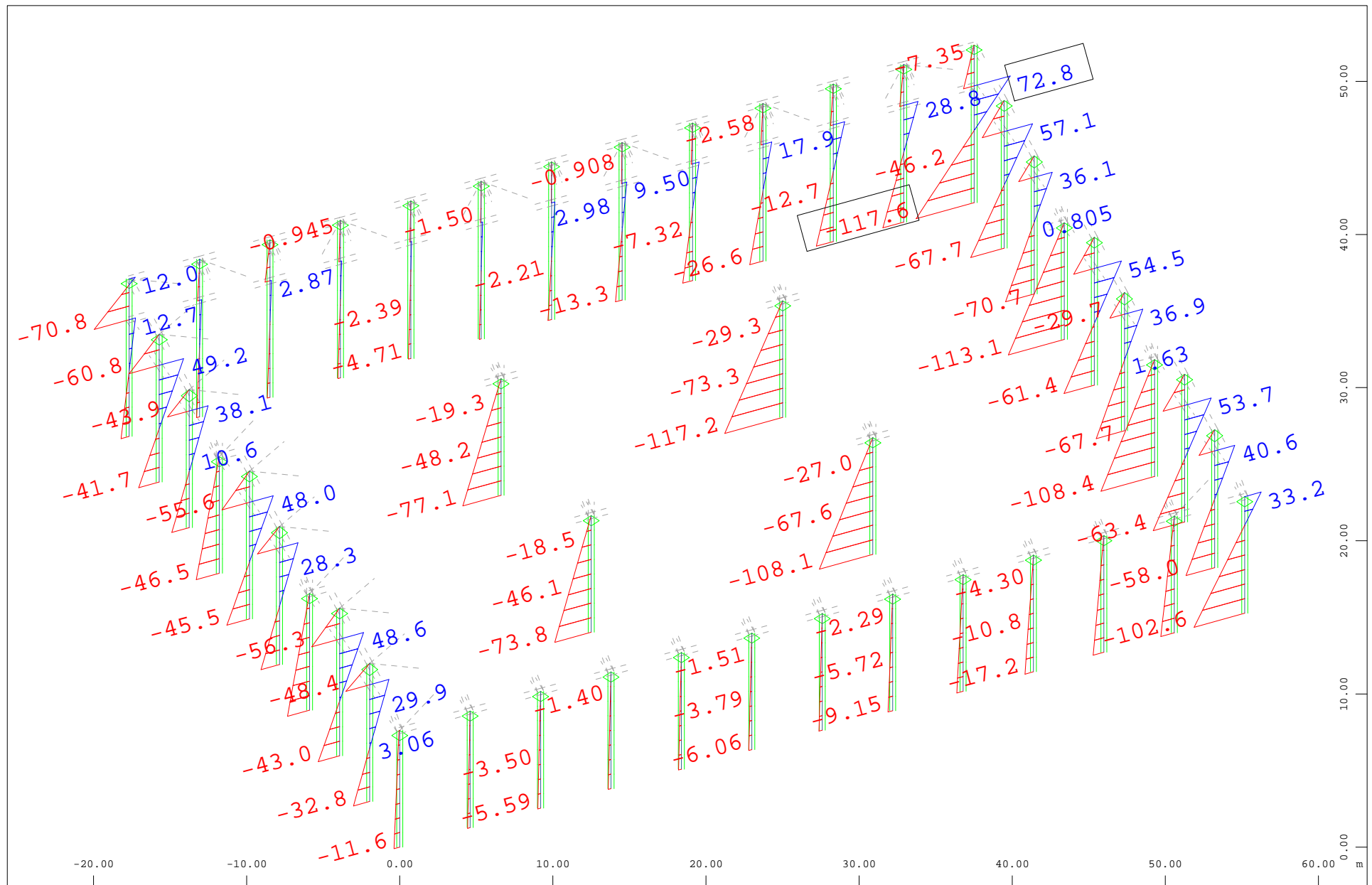
Sector of system Beam Elements Group 1...10  
 Beam Elements , Torsional moment  $M_t$ , Loadcase 109123 MAX-VY BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 20.0 kNm (Min=-23.6) (Max=26.1)

M 1 : 351  
 X \* 0.954  
 Y \* 0.714  
 Z \* 0.762



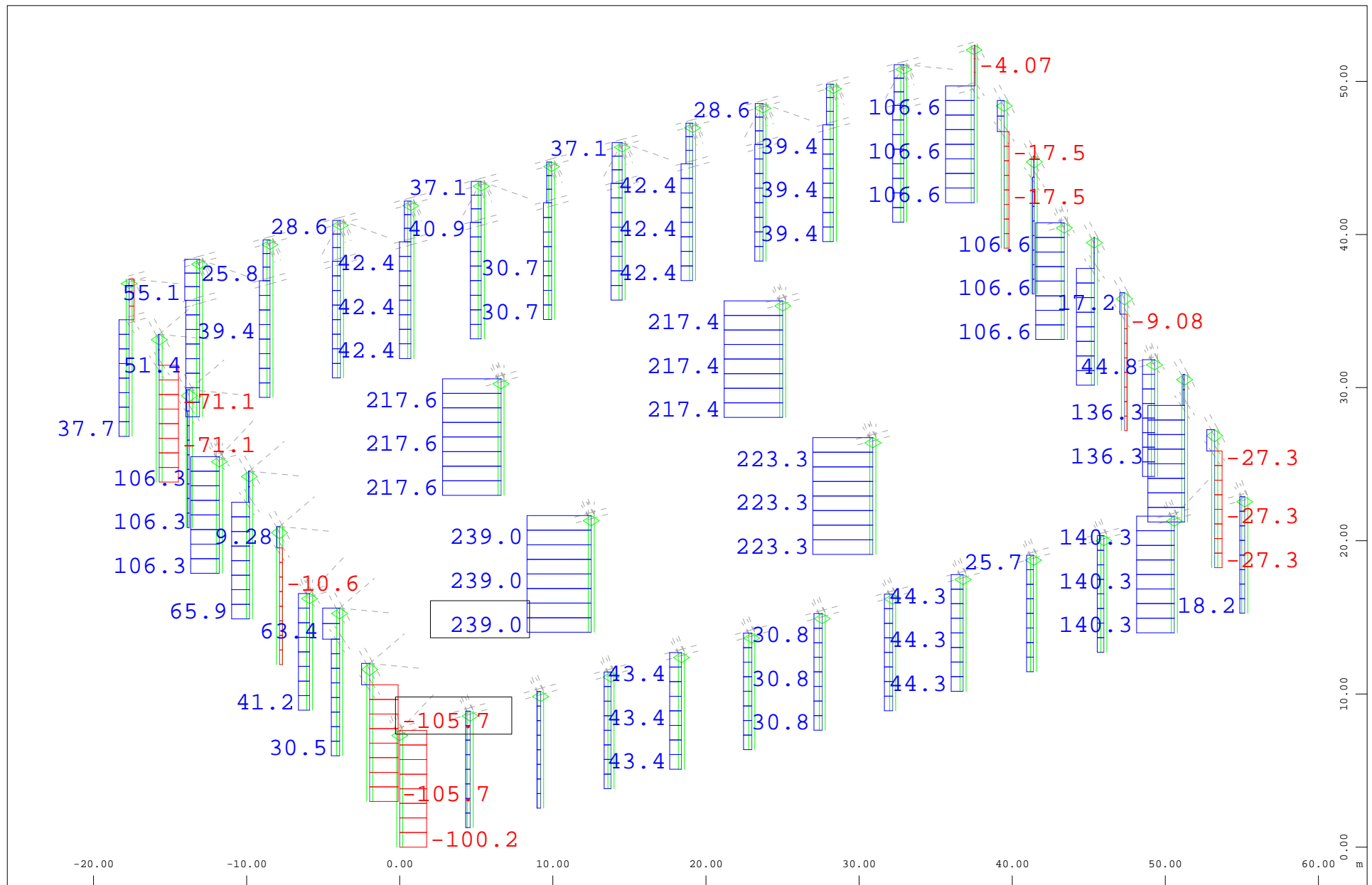
Sector of system Beam Elements Group 1...10  
 Beam Elements , Bending moment  $M_y$ , Loadcase 109123 MAX-VY BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 100.0 kNm (Min=-134.7) (Max=94.7)

M 1 : 351  
 X \* 0.954  
 Y \* 0.714  
 Z \* 0.762



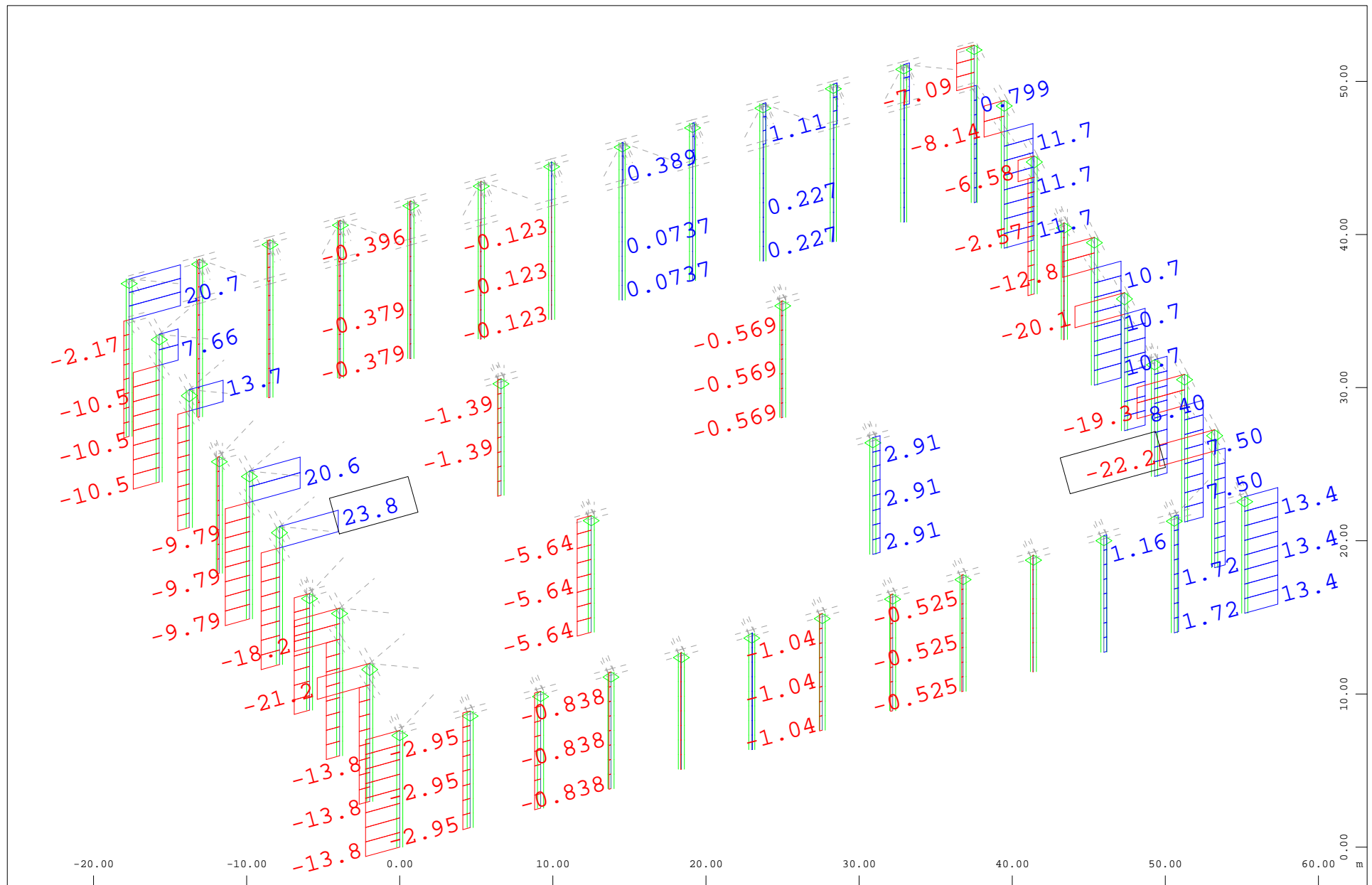
Sector of system Beam Elements Group 1...10  
 Beam Elements , Bending moment Mz, Loadcase 109123 MAX-VY BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 100.0 kNm (Min=-117.6) (Max=72.8)

M 1 : 351  
 X \* 0.954  
 Y \* 0.714  
 Z \* 0.762



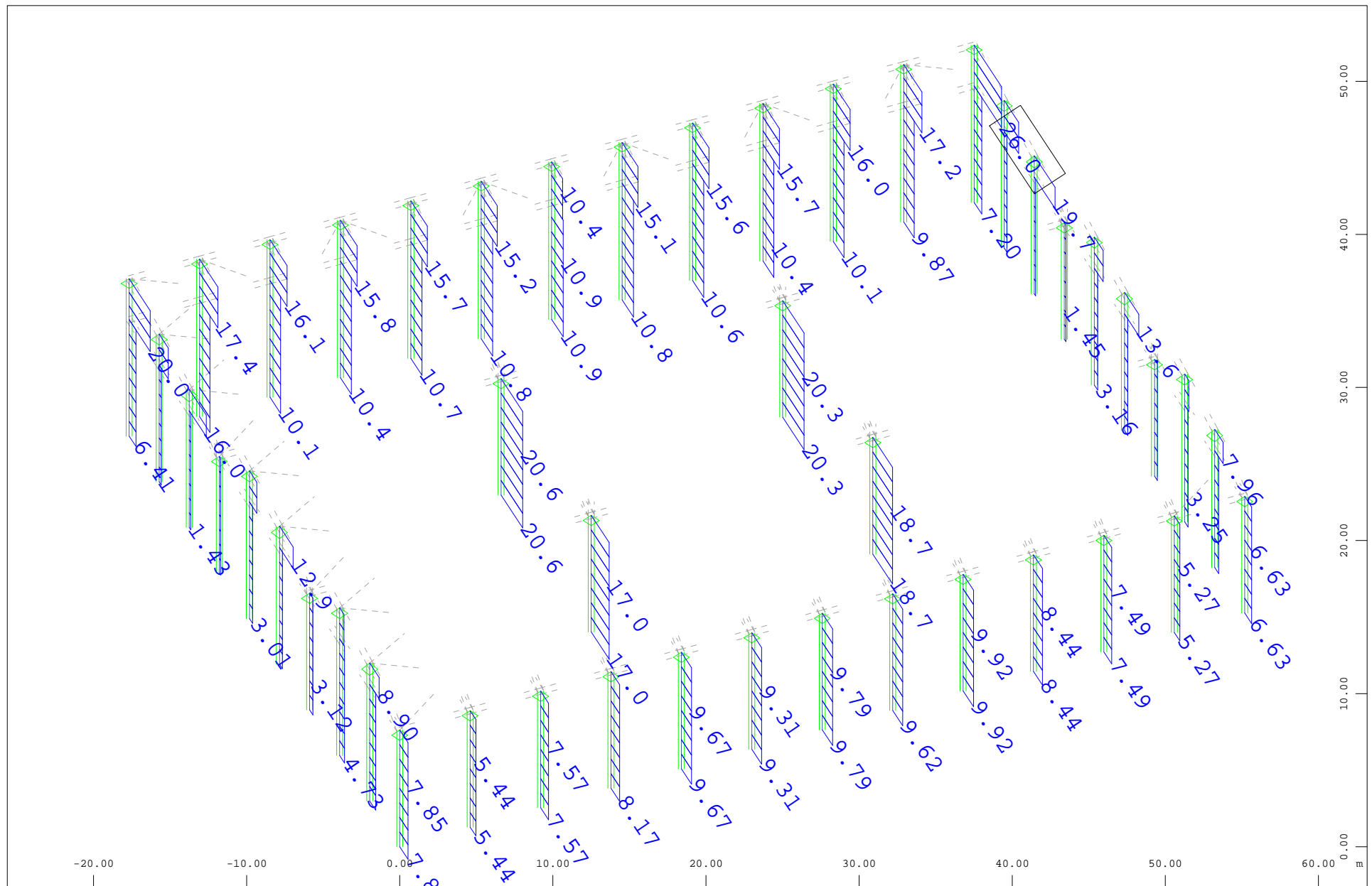
Sector of system Beam Elements Group 1...10  
 Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 109125 MAX-VZ BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 200.0 kN (Min=-105.7) (Max=239.0)

M 1 : 351  
 X \* 0.954  
 Y \* 0.714  
 Z \* 0.762



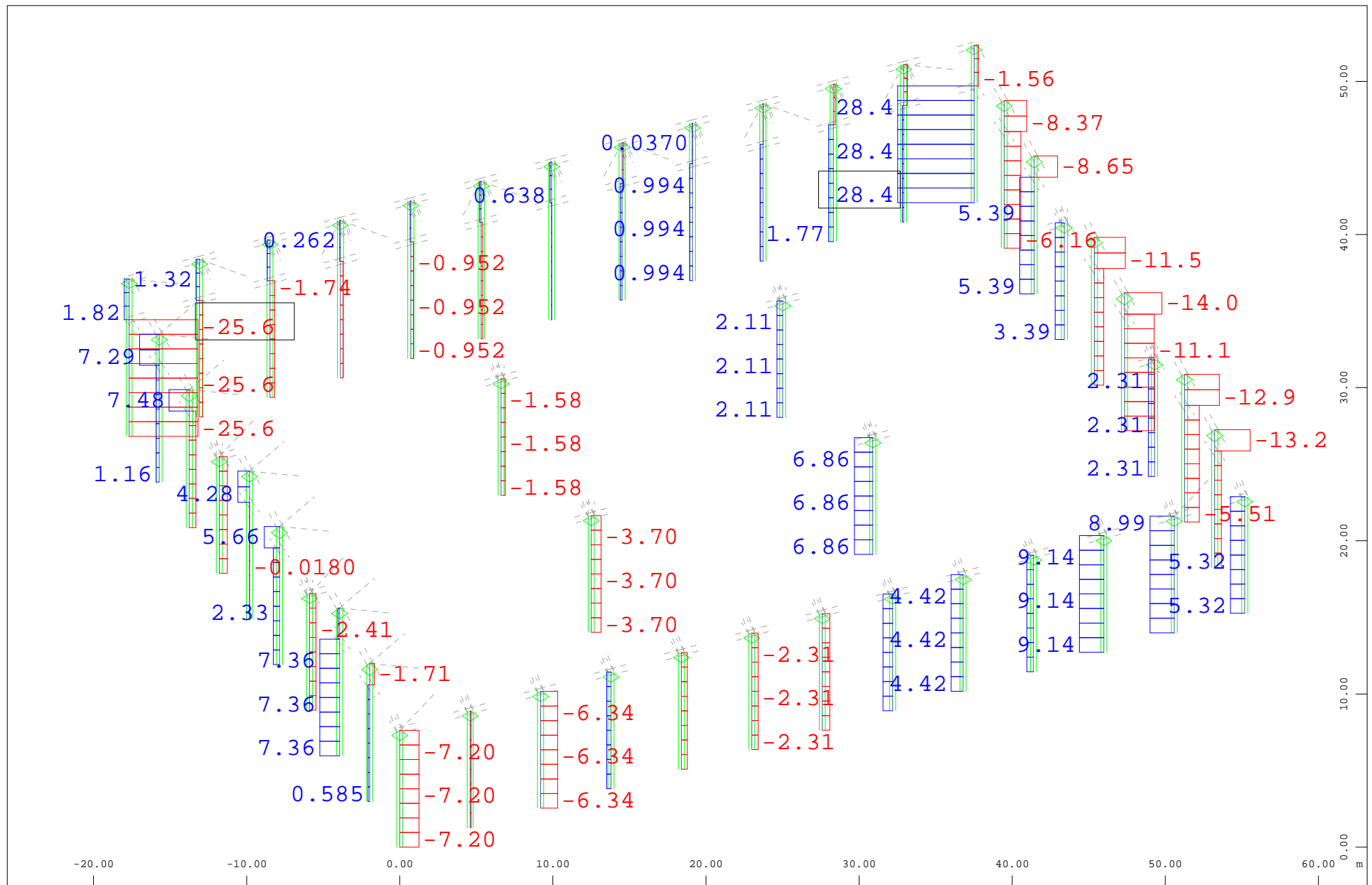
Sector of system Beam Elements Group 1...10  
 Beam Elements , Shear force  $V_y$ , Loadcase 109125 MAX-VZ BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 20.0 kN (Min=-22.2) (Max=23.8)

M 1 : 351  
 X \* 0.954  
 Y \* 0.714  
 Z \* 0.762



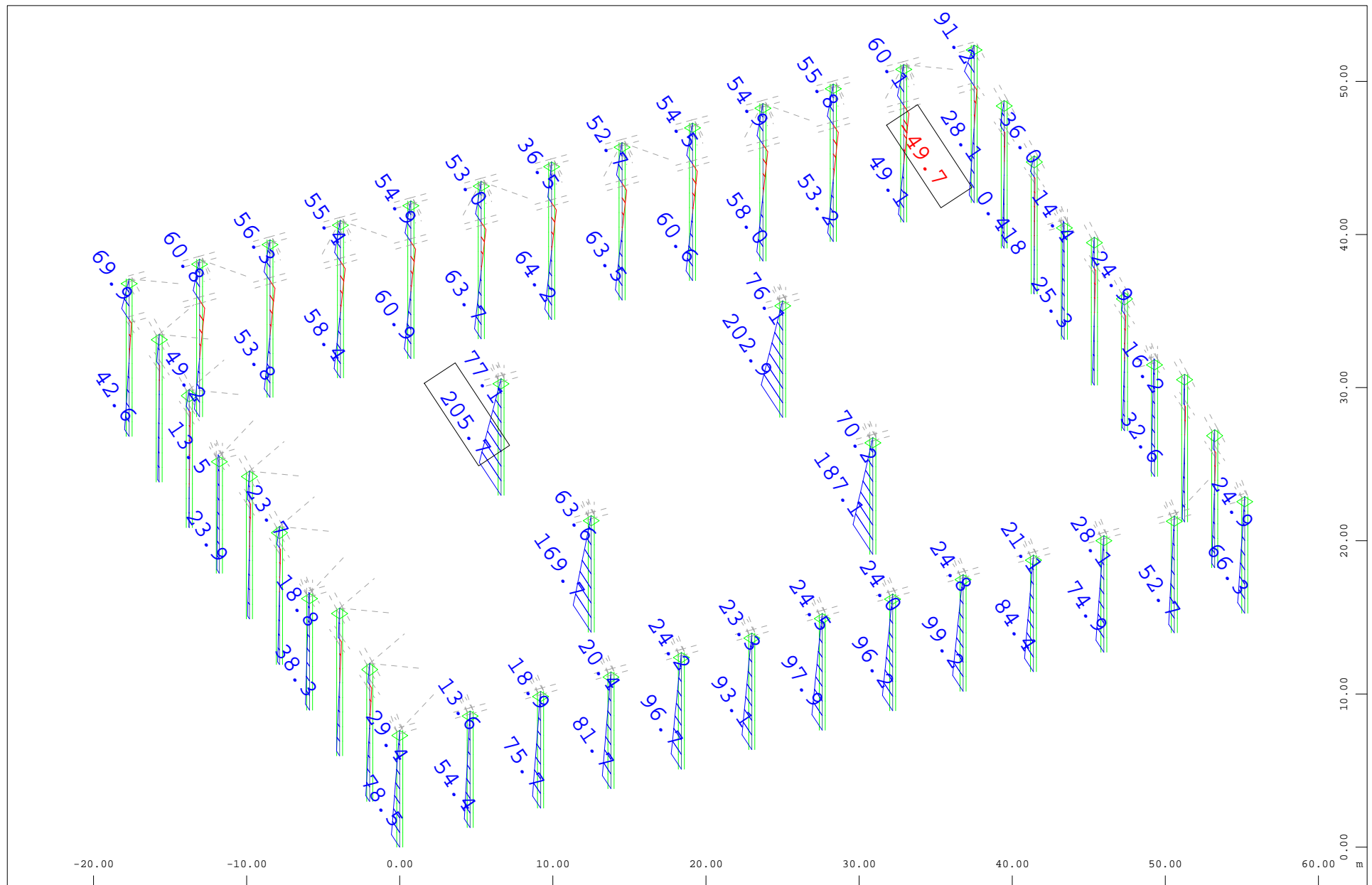
Sector of system Beam Elements Group 1...10  
 Beam Elements , Shear force  $V_z$ , Loadcase 109125 MAX- $V_z$  BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 20.0 kN (Max=26.0)

M 1 : 351  
 X \* 0.954  
 Y \* 0.714  
 Z \* 0.762



Sector of system Beam Elements Group 1...10  
 Beam Elements , Torsional moment Mt, Loadcase 109125 MAX-VZ BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 20.0 kNm (Min=-25.6) (Max=28.4)

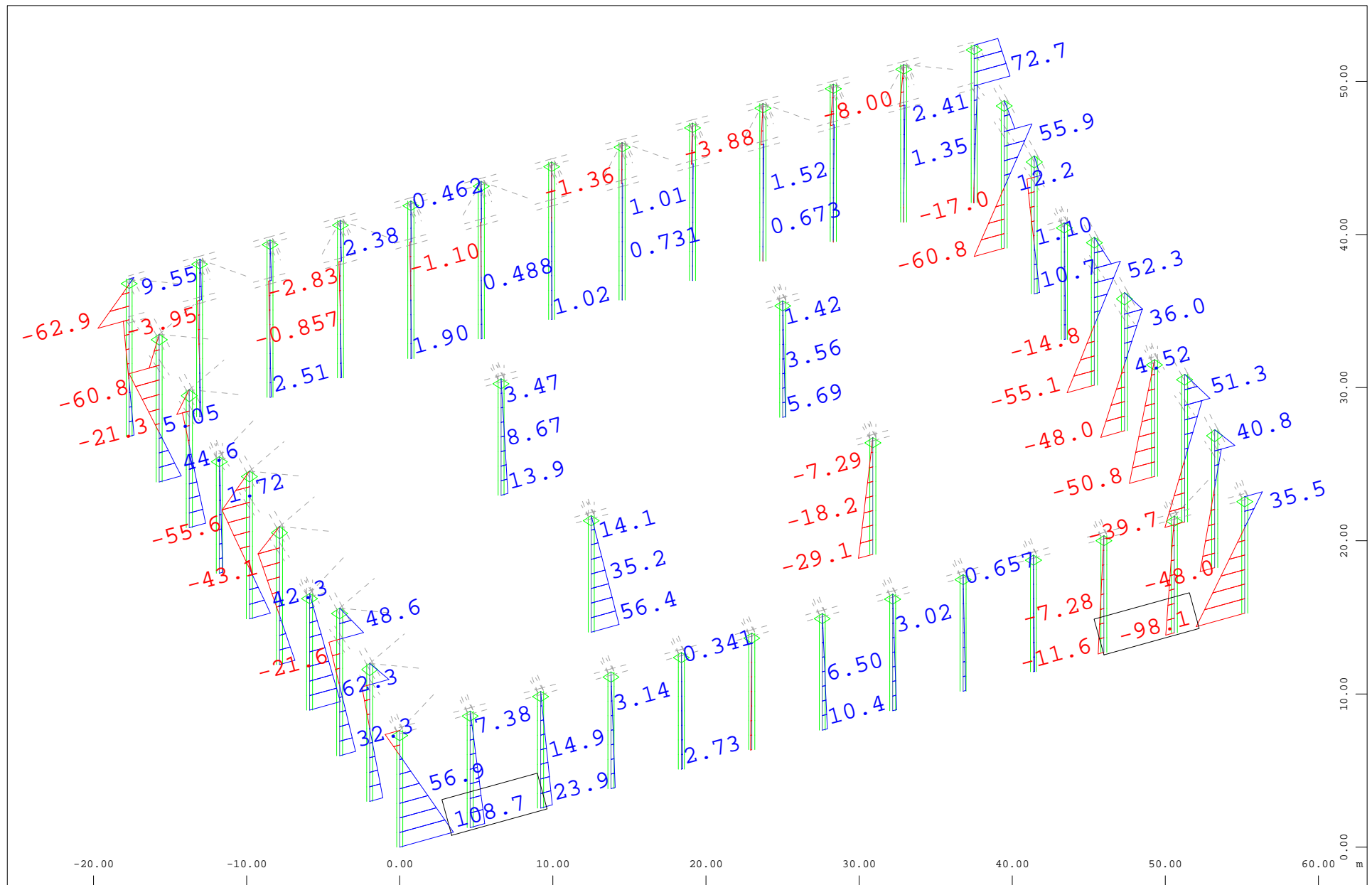
M 1 : 351  
 X \* 0.954  
 Y \* 0.714  
 Z \* 0.762



Sector of system Beam Elements Group 1...10  
 Beam Elements , Bending moment  $M_y$ , Loadcase 109125 MAX-VZ BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 200.0 kNm (Min=-49.7) (Max=205.7)

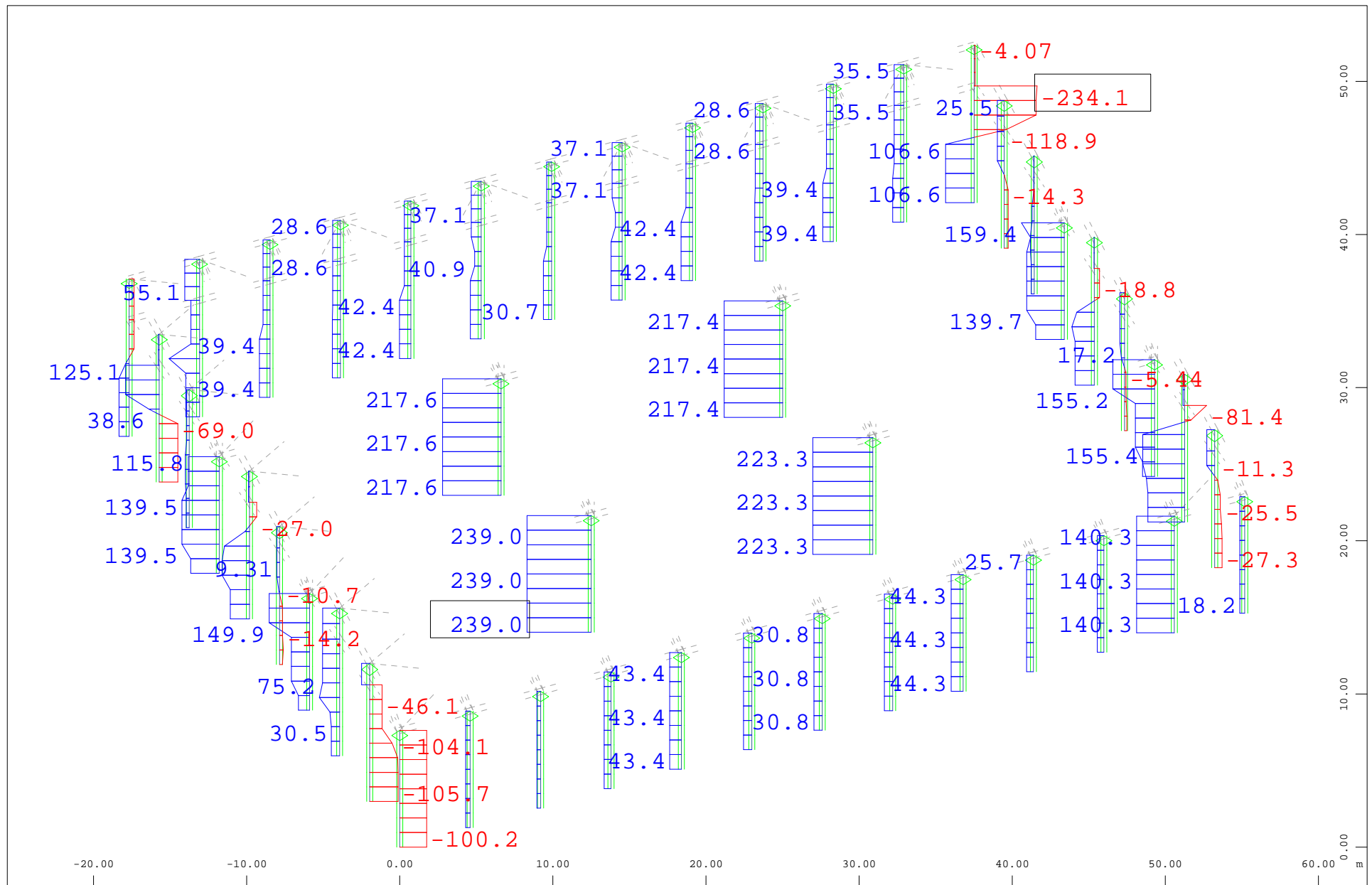
M 1 : 351  
 X \* 0.954  
 Y \* 0.714  
 Z \* 0.762





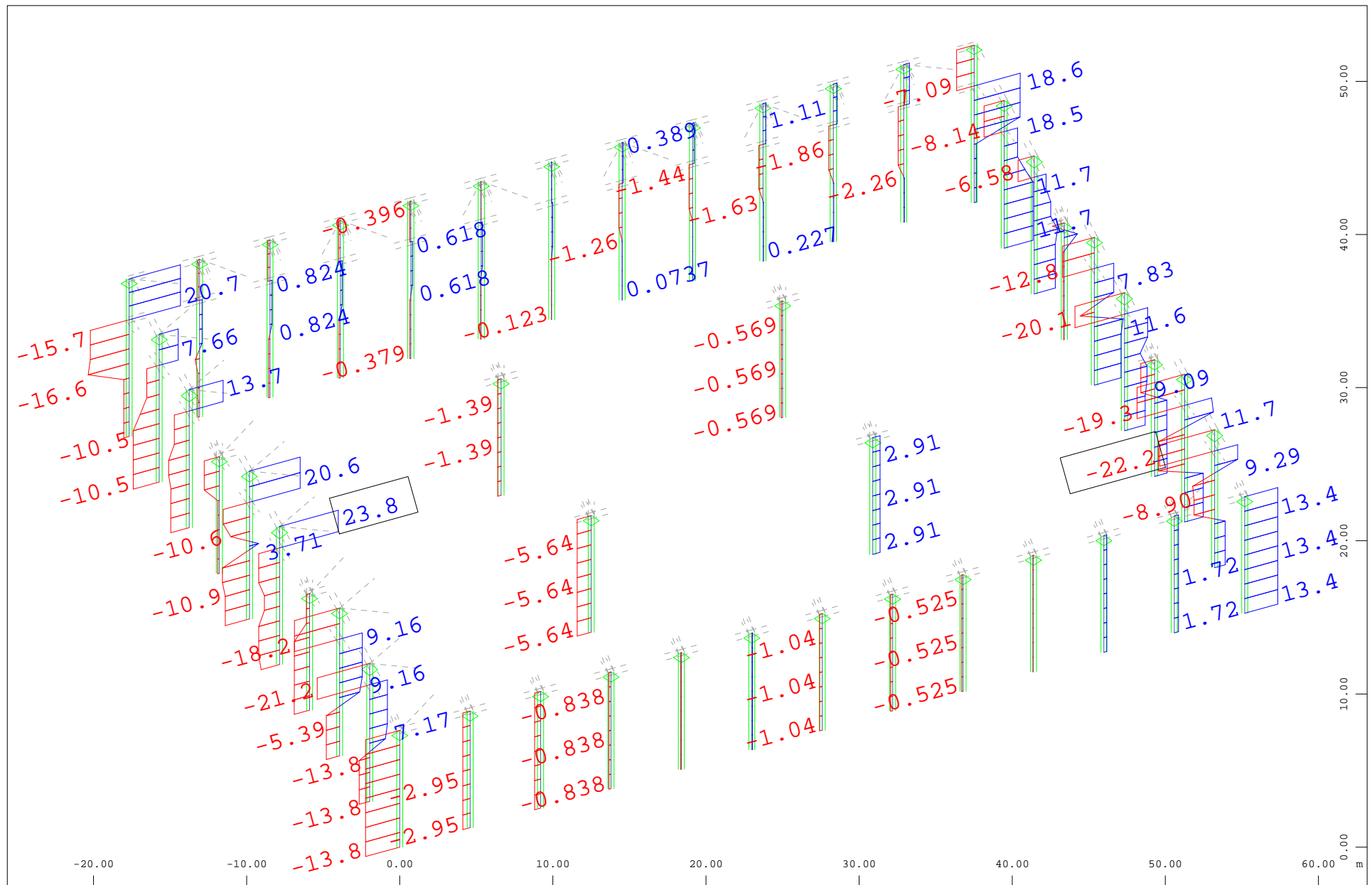
Sector of system Beam Elements Group 1...10  
 Beam Elements , Bending moment  $M_z$ , Loadcase 109125 MAX-VZ BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 100.0 kNm (Min=-98.1) (Max=108.7)

M 1 : 351  
 X \* 0.954  
 Y \* 0.714  
 Z \* 0.762



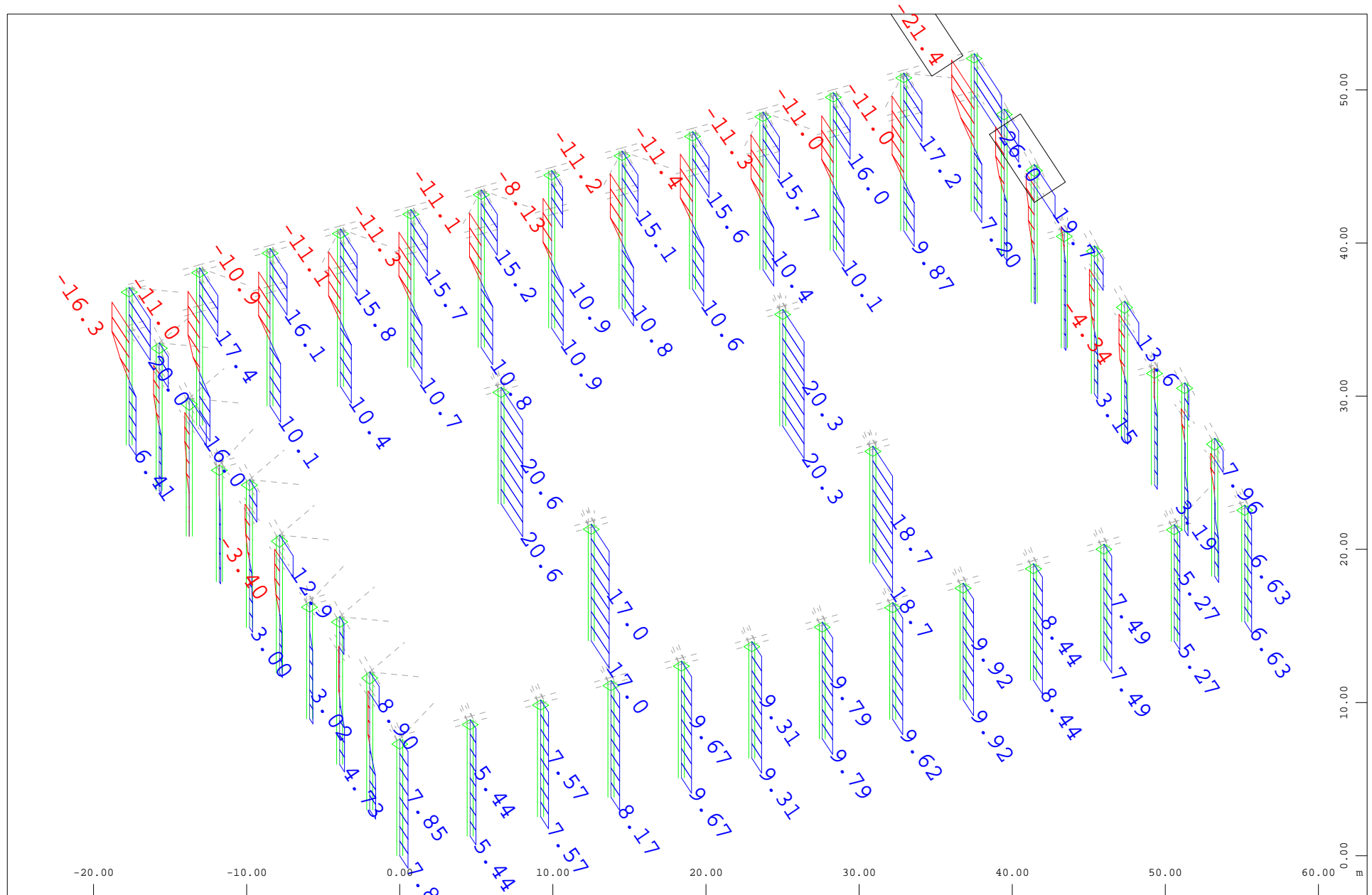
Sector of system Beam Elements Group 1...10  
 Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 109129 MAX-MY BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 200.0 kN (Min=-234.1) (Max=239.0)

M 1 : 351  
 X \* 0.954  
 Y \* 0.714  
 Z \* 0.762



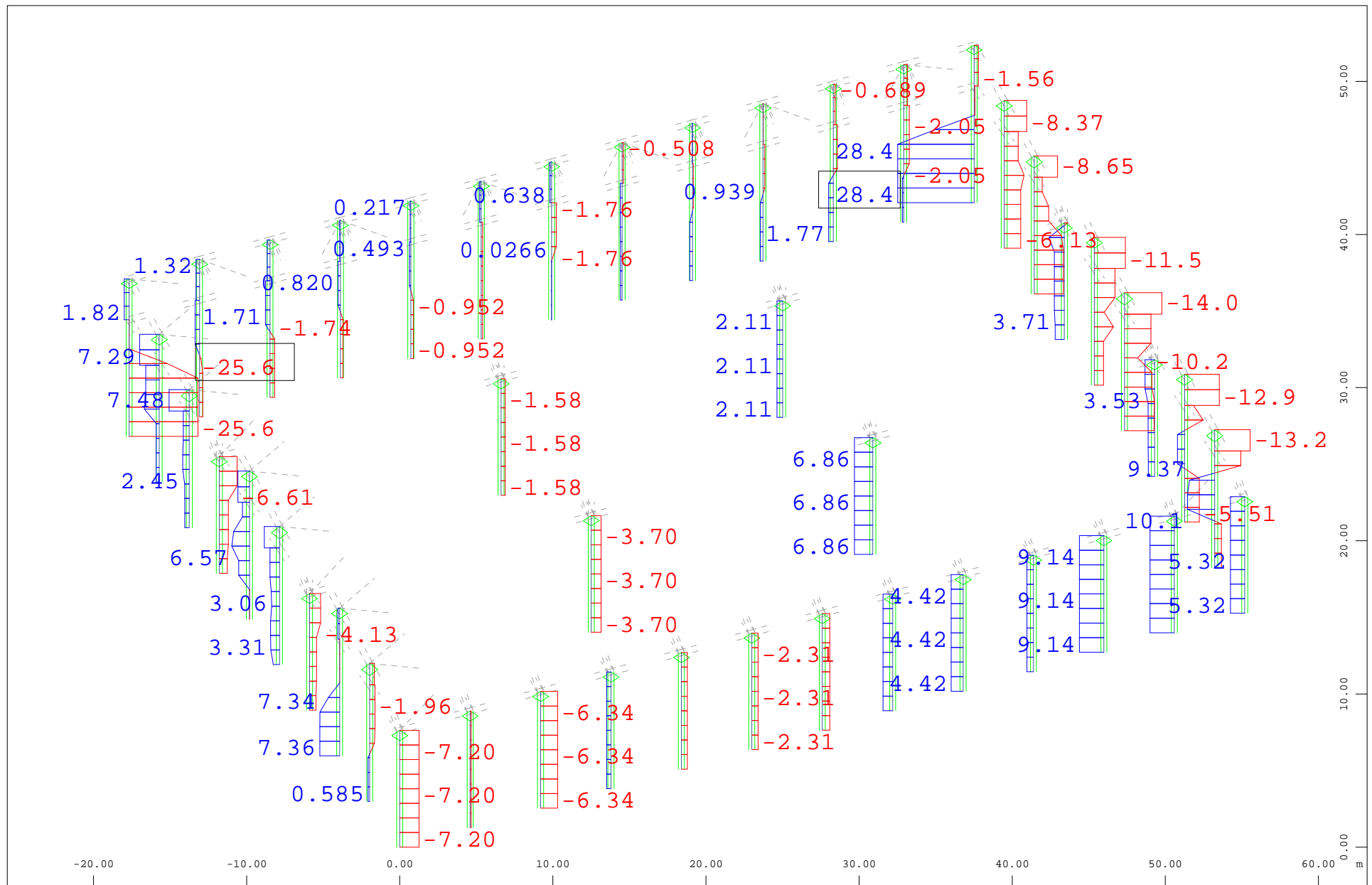
Sector of system Beam Elements Group 1...10  
 Beam Elements , Shear force  $V_y$ , Loadcase 109129 MAX-MY BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 20.0 kN (Min=-22.2) (Max=23.8)

M 1 : 351  
 X \* 0.954  
 Y \* 0.714  
 Z \* 0.762



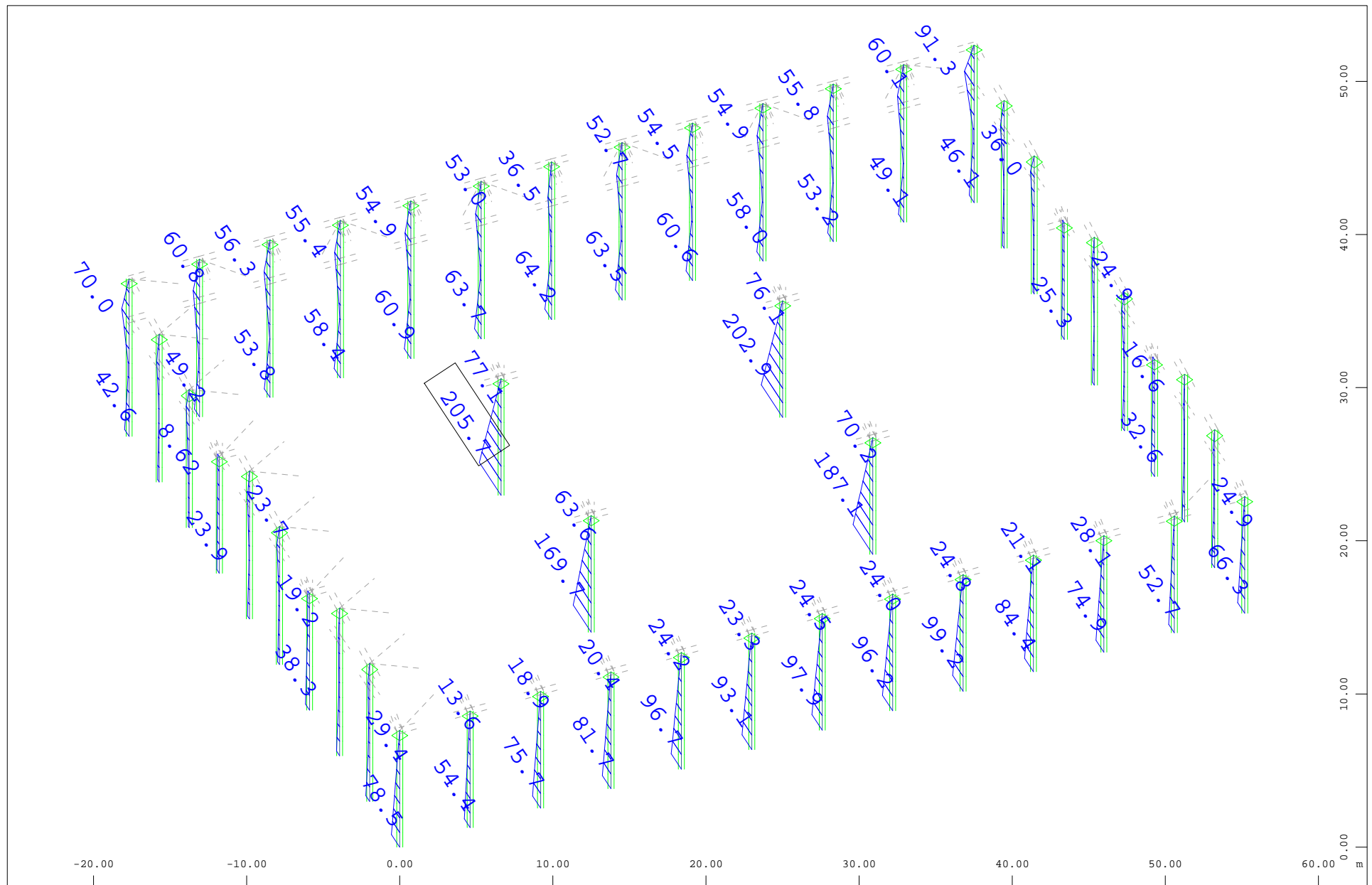
Sector of system Beam Elements Group 1...10  
 Beam Elements , Shear force  $V_z$ , Loadcase 109129 MAX-MY BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 20.0 kN (Min=-21.4) (Max=26.0)

M 1 : 351  
 X \* 0.954  
 Y \* 0.714  
 Z \* 0.762



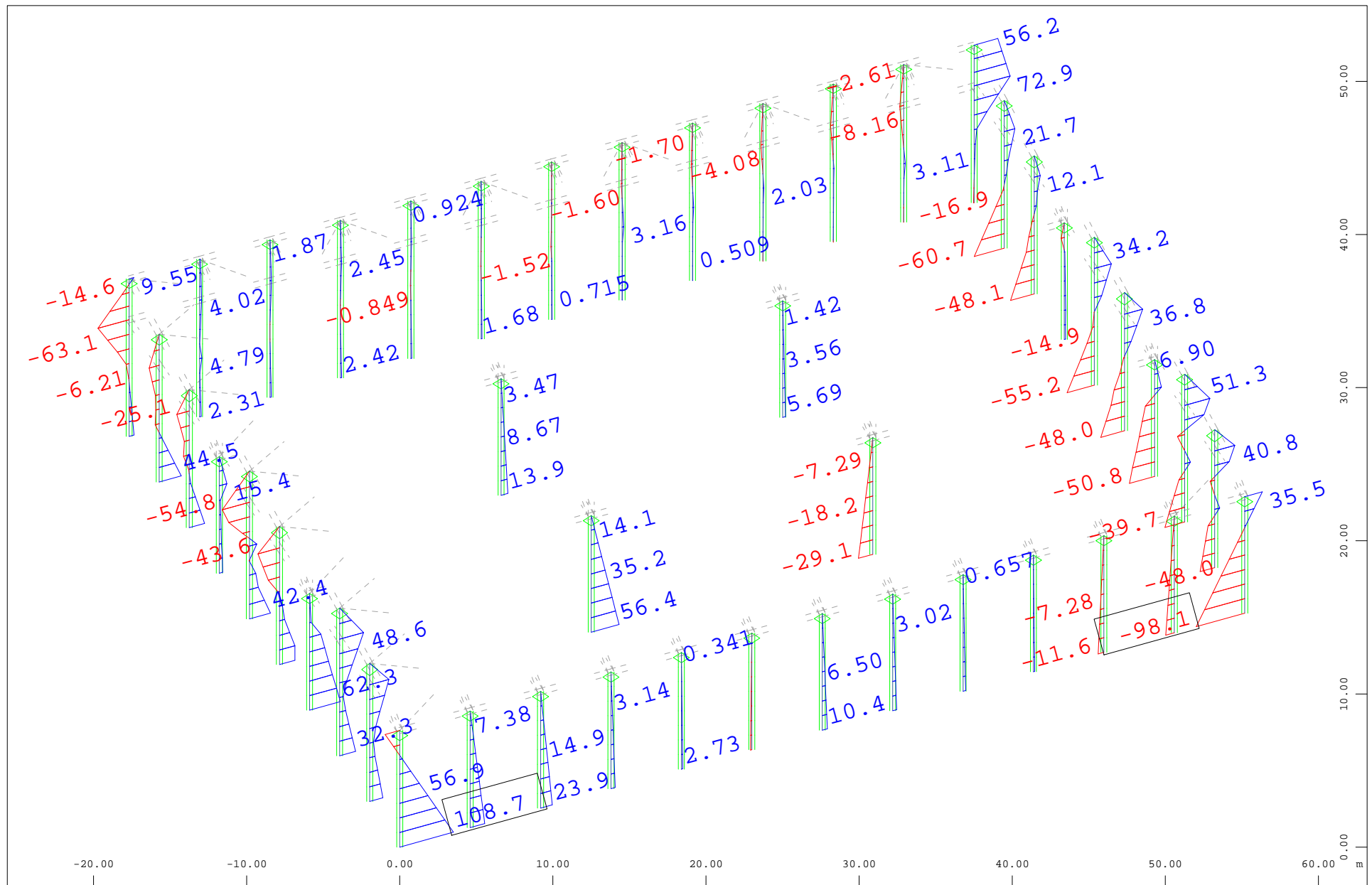
Sector of system Beam Elements Group 1...10  
 Beam Elements , Torsional moment Mt, Loadcase 109129 MAX-MY BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 20.0 kNm (Min=-25.6) (Max=28.4)

M 1 : 351  
 X \* 0.954  
 Y \* 0.714  
 Z \* 0.762



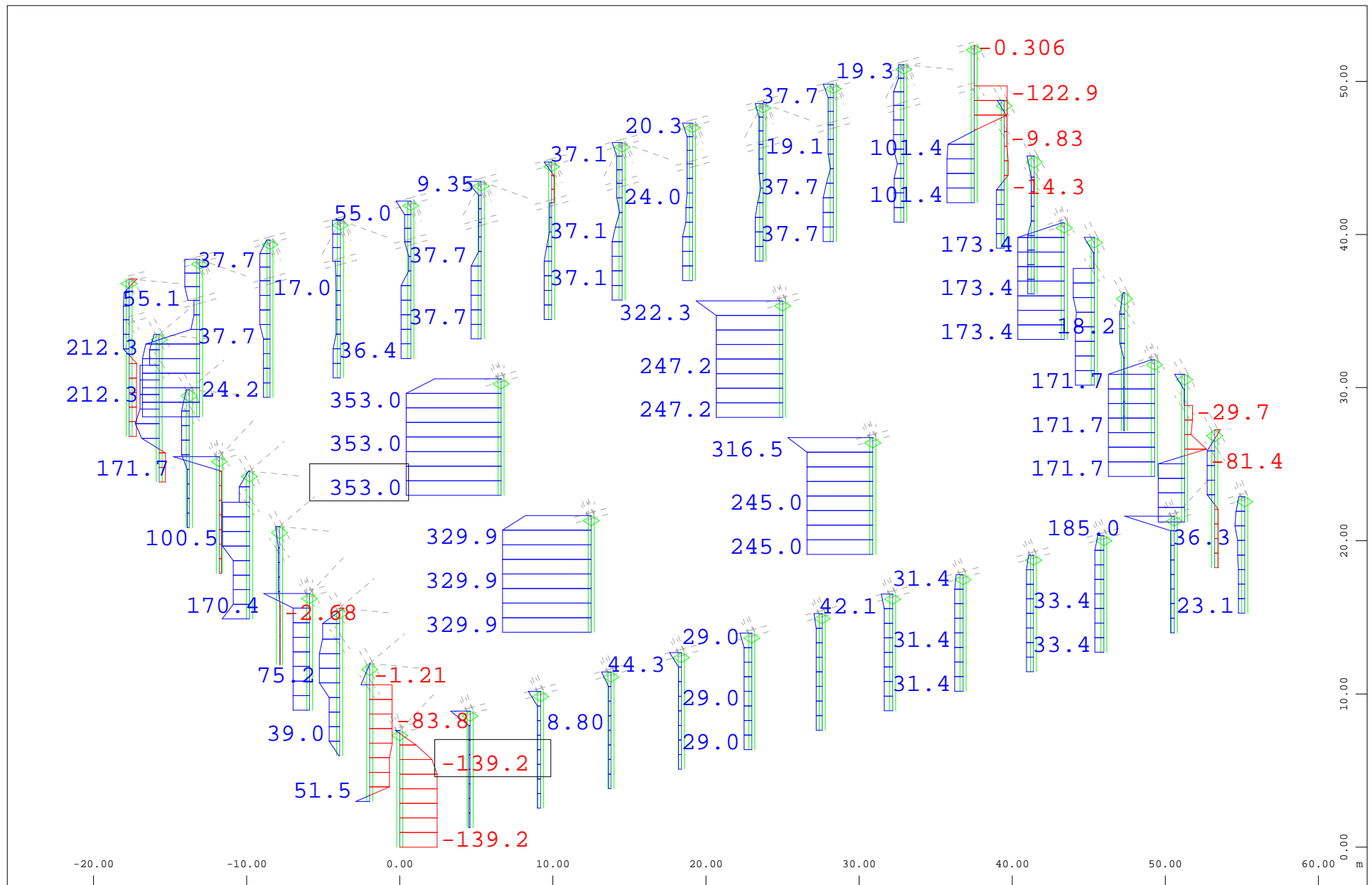
Sector of system Beam Elements Group 1...10  
 Beam Elements , Bending moment  $M_y$ , Loadcase 109129 MAX-MY BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 200.0 kNm (Min=-1.8984e-13) (Max=205.7)

M 1 : 351  
 X \* 0.954  
 Y \* 0.714  
 Z \* 0.762



Sector of system Beam Elements Group 1...10  
 Beam Elements , Bending moment Mz, Loadcase 109129 MAX-MY BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 100.0 kNm (Min=-98.1) (Max=108.7)

M 1 : 351  
 X \* 0.954  
 Y \* 0.714  
 Z \* 0.762

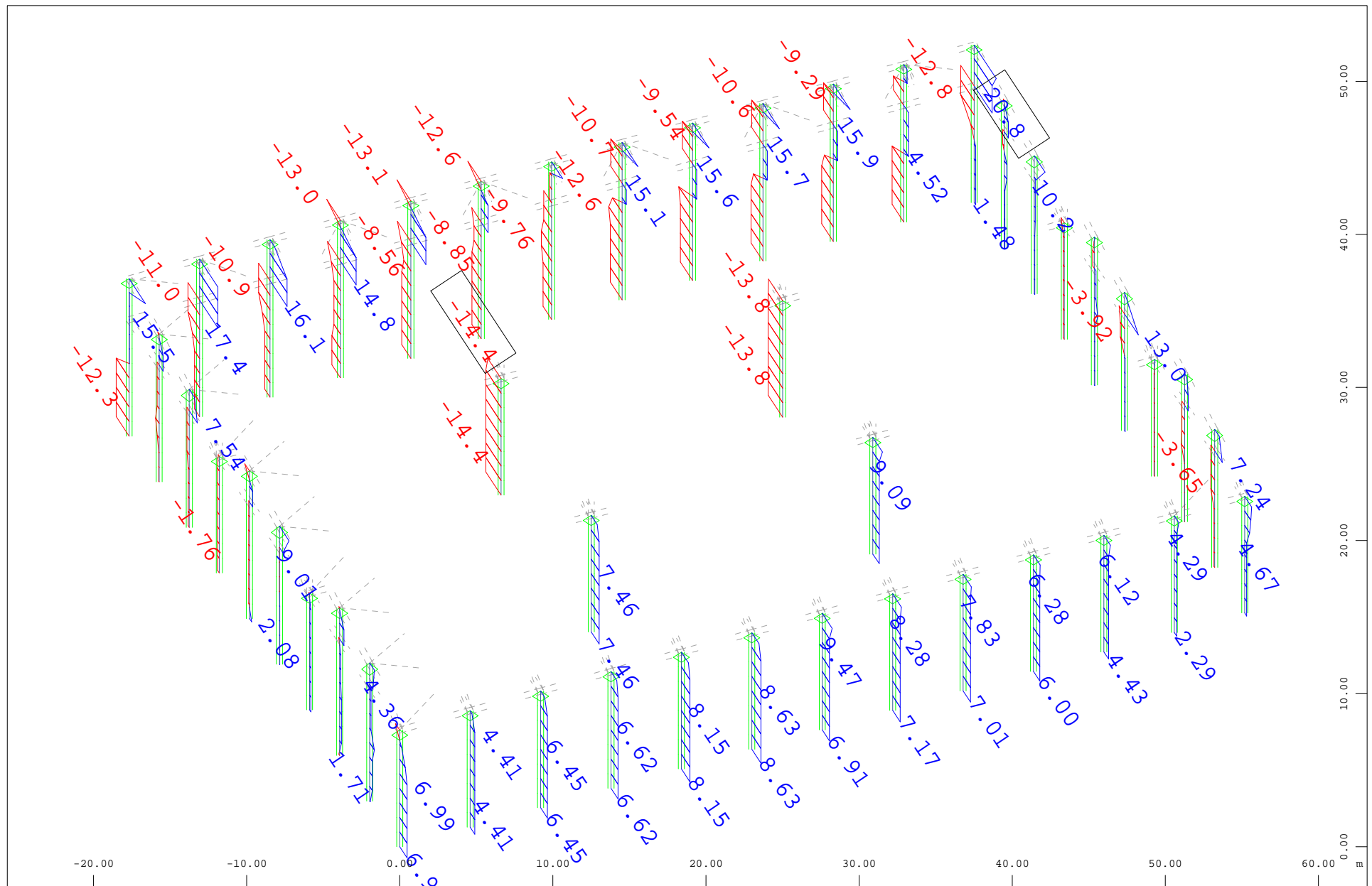


Sector of system Beam Elements Group 1...10  
 Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 109131 MAX-MZ BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 200.0 kN (Min=-139.2) (Max=353.0)

M 1 : 351  
 X \* 0.954  
 Y \* 0.714  
 Z \* 0.762

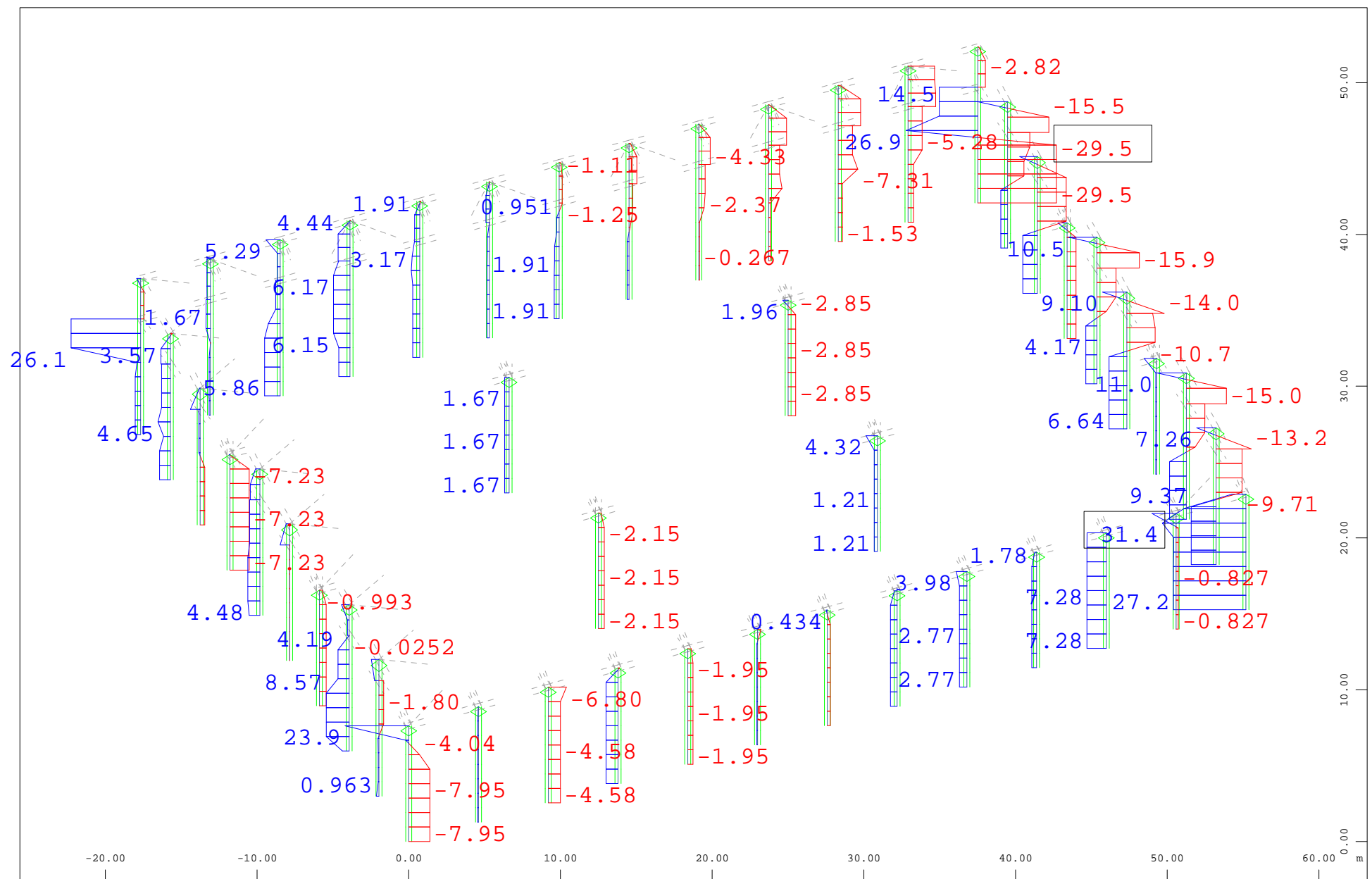






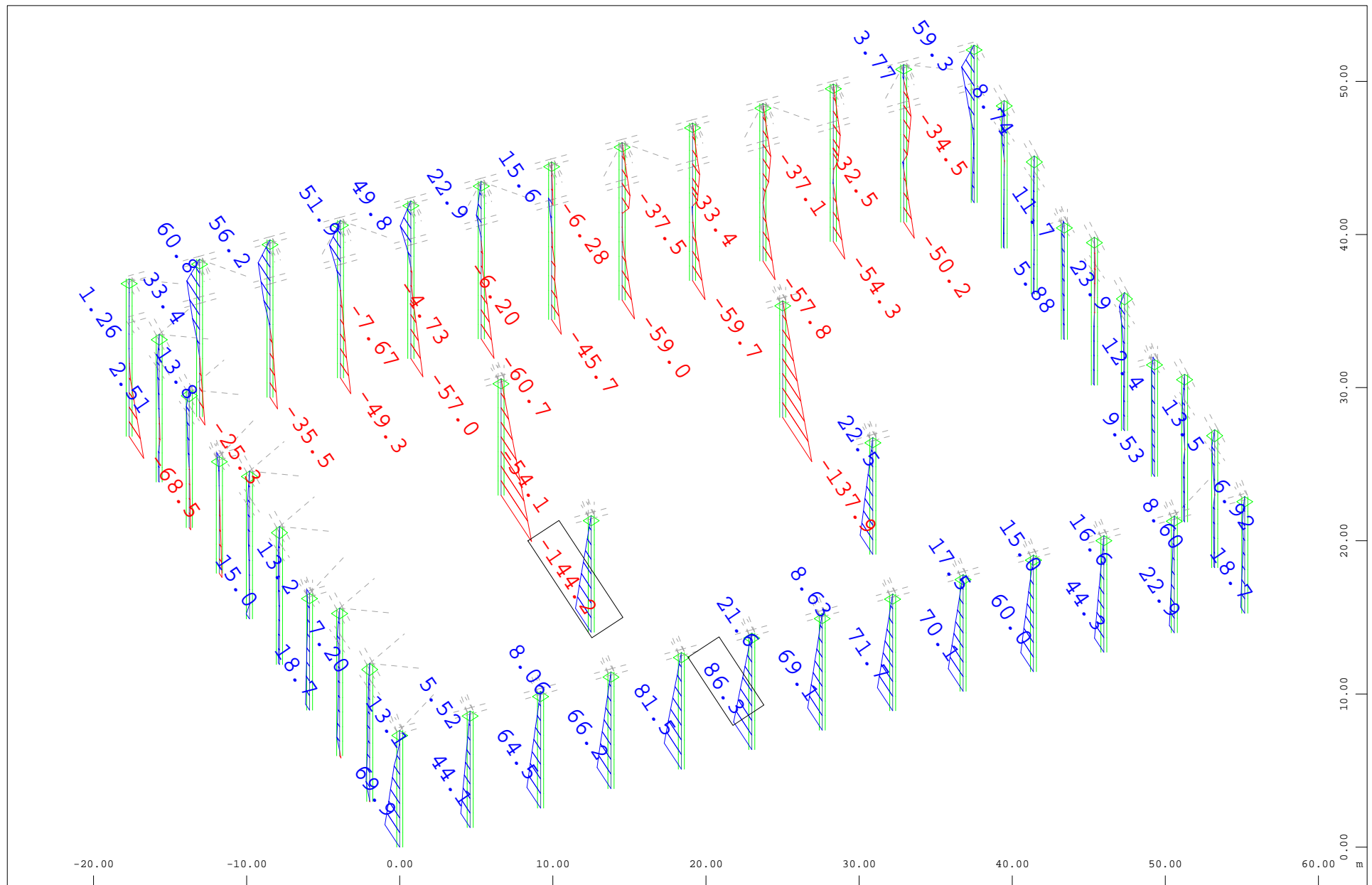
Sector of system Beam Elements Group 1...10  
 Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 109131 MAX-MZ BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 20.0 kN (Min=-14.4) (Max=20.8)

M 1 : 351  
 X \* 0.954  
 Y \* 0.714  
 Z \* 0.762



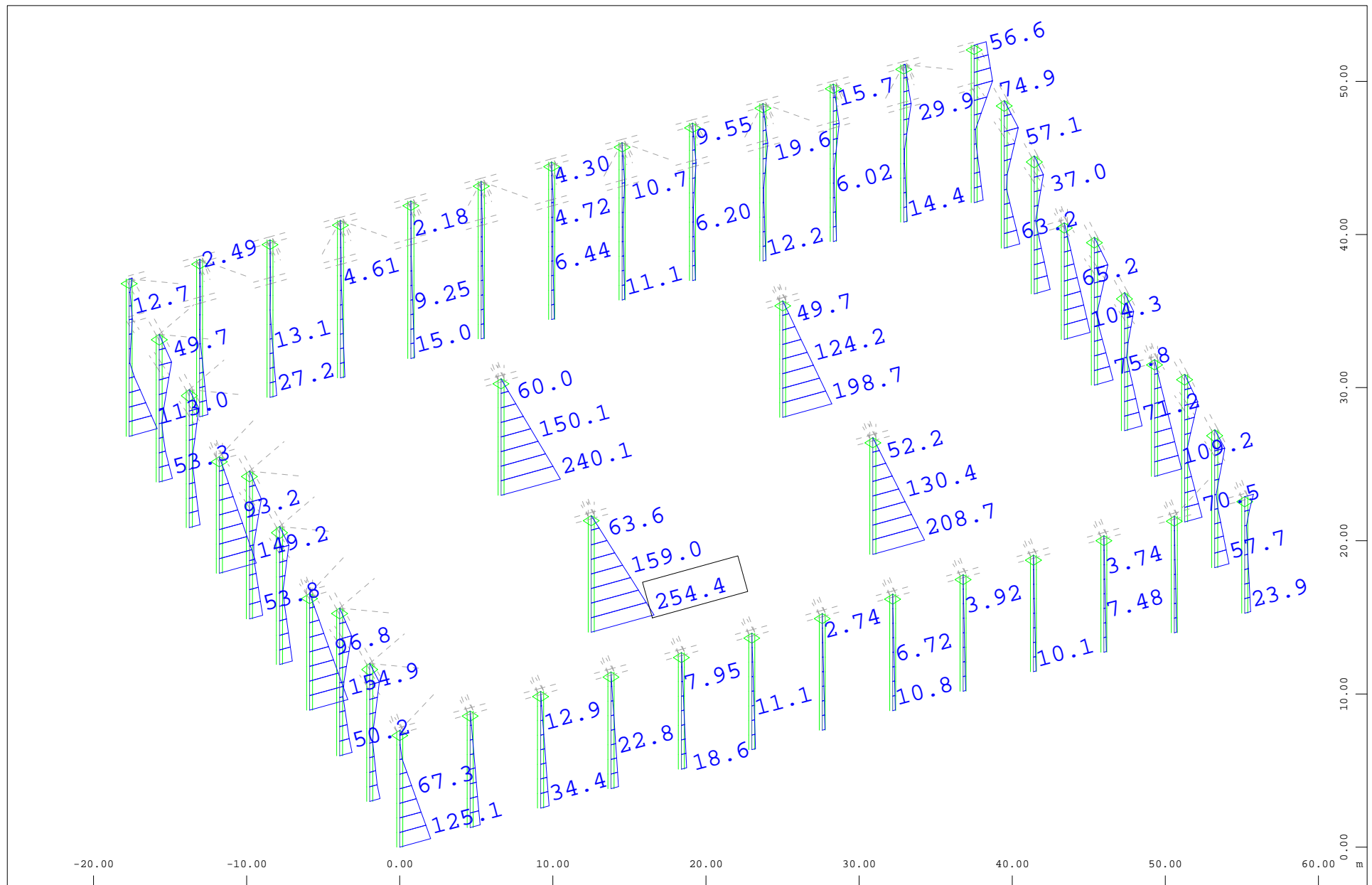
Sector of system Beam Elements Group 1...10  
 Beam Elements , Torsional moment  $M_t$ , Loadcase 109131 MAX-MZ BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 20.0 kNm (Min=-29.5) (Max=31.4)

M 1 : 351  
 X \* 0.954  
 Y \* 0.714  
 Z \* 0.762



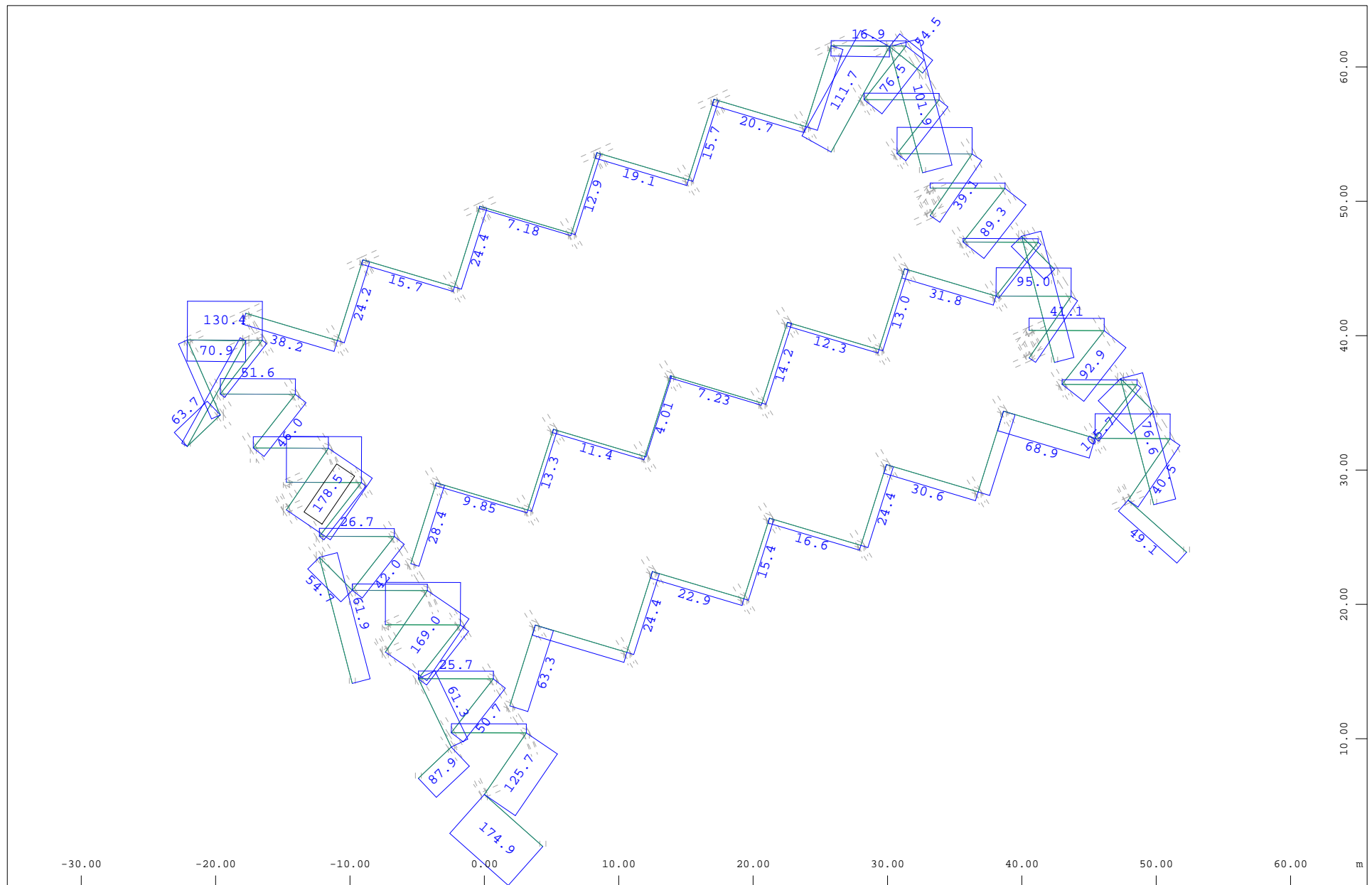
Sector of system Beam Elements Group 1...10  
 Beam Elements , Bending moment  $M_y$ , Loadcase 109131 MAX-MZ BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 100.0 kNm (Min=-144.2) (Max=86.3)

M 1 : 351  
 X \* 0.954  
 Y \* 0.714  
 Z \* 0.762



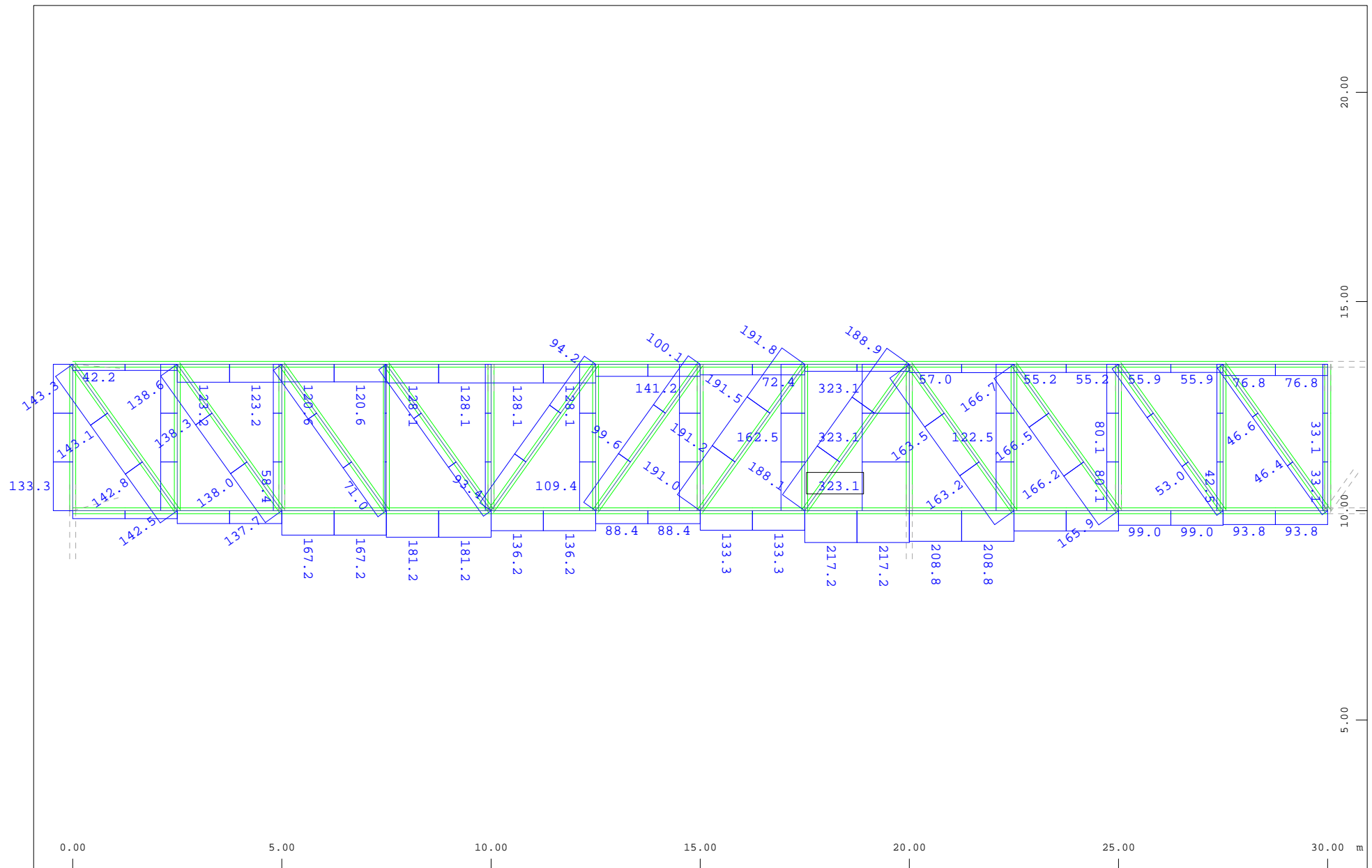
Sector of system Beam Elements Group 1...10  
 Beam Elements , Bending moment Mz, Loadcase 109131 MAX-MZ BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 200.0 kNm (Min=-9.4441e-13) (Max=254.4)

M 1 : 351  
 X \* 0.954  
 Y \* 0.714  
 Z \* 0.762



Sector of system Truss Elements  
 Truss Elements , Normal force Nx, Loadcase 109141 MAX-N TRUS Forces in Truss Eleme , 1 cm 3D = 180.5 kN (Max=178.5)

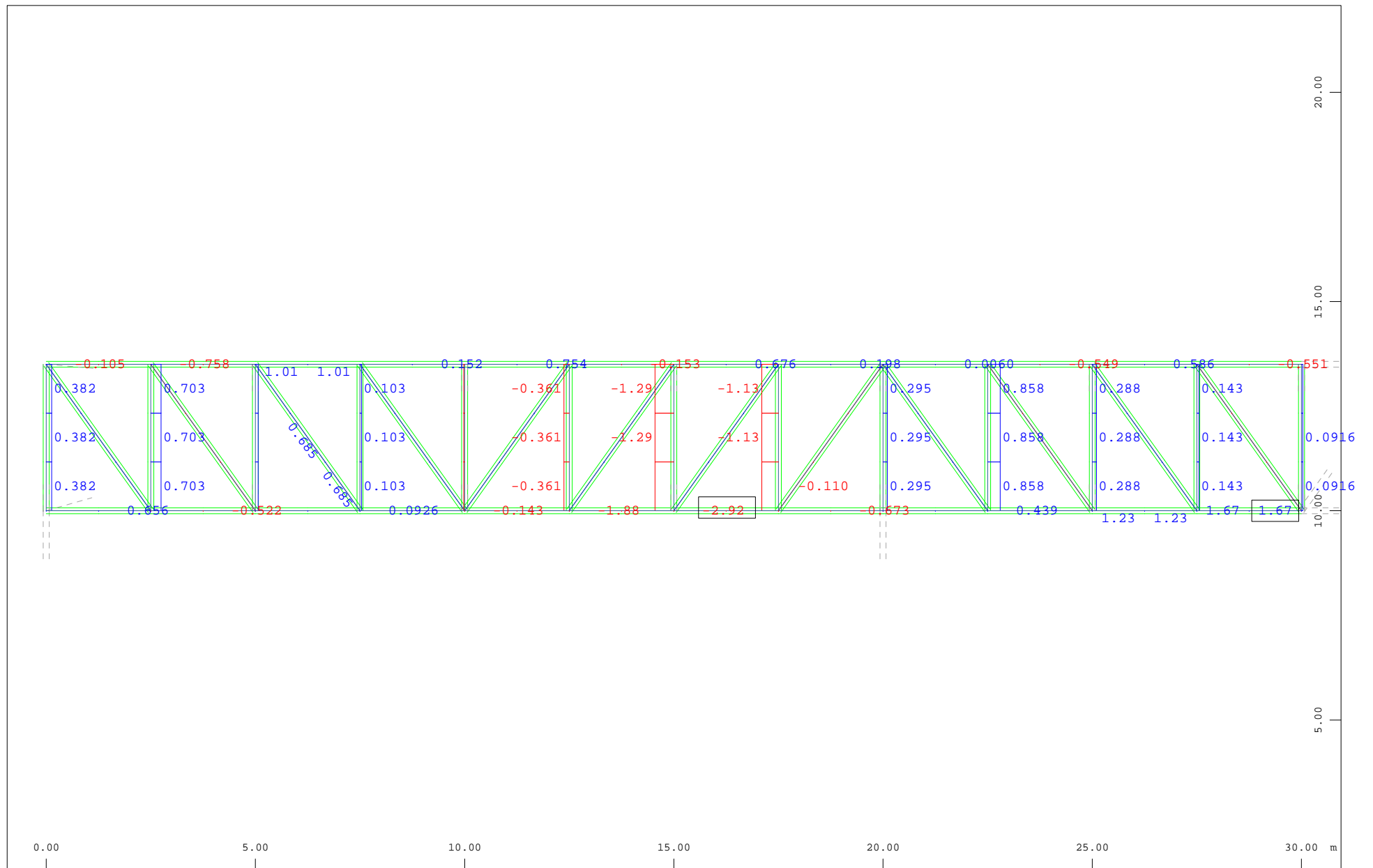
M 1 : 400  
 X \* 0.958  
 Y \* 0.860  
 Z \* 0.586



z Sector of system Beam Elements Group 101...105

M 1 : 126

x Beam Elements , Normal force  $N_x$ , Loadcase 109121 MAX-N BEAM Forces in Beam Element , 1 cm 3D = 360.9 kN (Max=323.1)

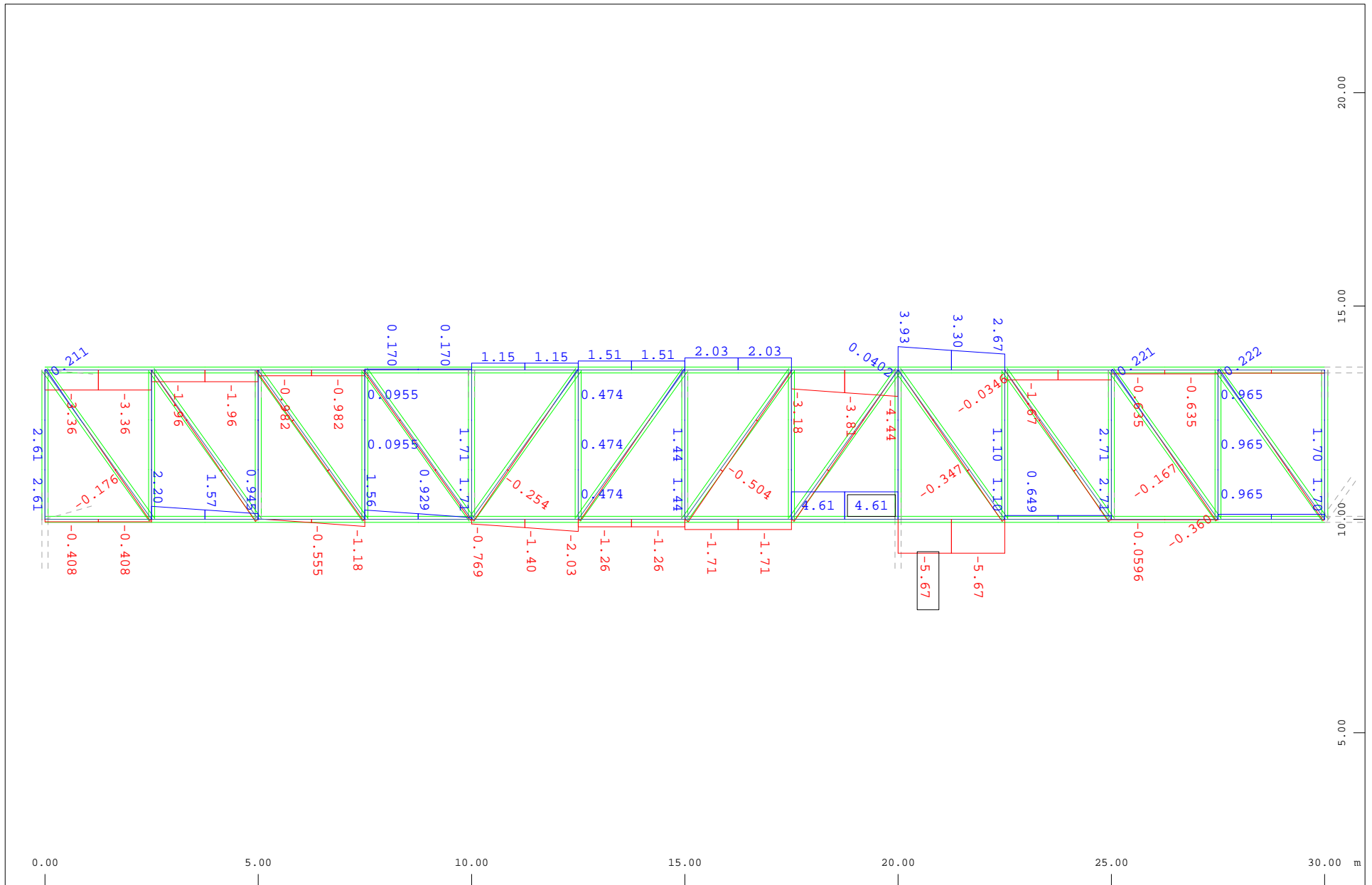


Sector of system Beam Elements Group 101...105

M 1 : 126

Beam Elements , Shear force  $V_y$ , Loadcase 109121 MAX-N BEAM Forces in Beam Element , 1 cm 3D = 3.61 kN (Min=-2.92) (Max=1.67)

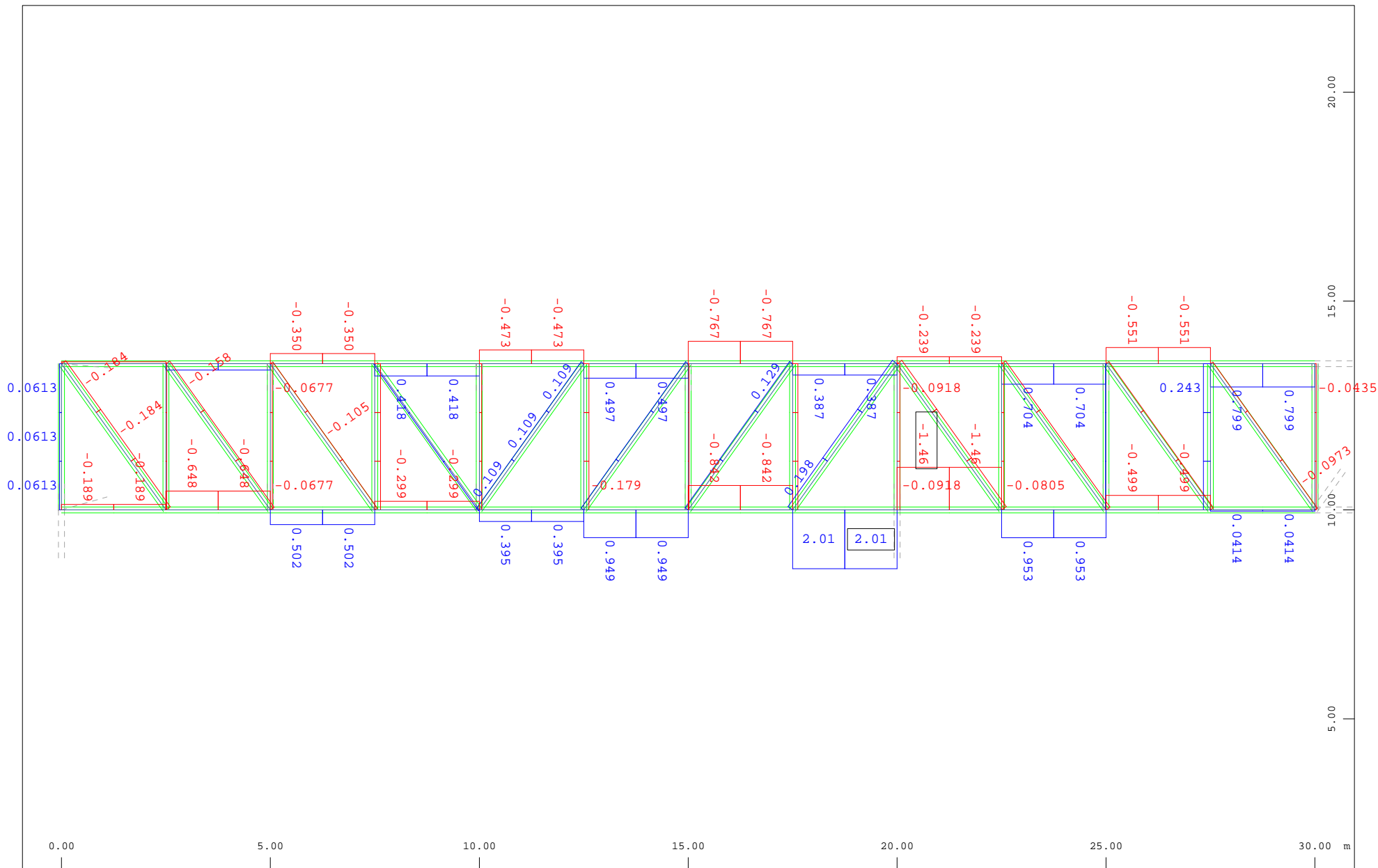




Sector of system Beam Elements Group 101...105

Beam Elements , Shear force  $V_z$ , Loadcase 109121 MAX-N BEAM Forces in Beam Element , 1 cm 3D = 9.02 kN (Min=-5.67) (Max=4.61)

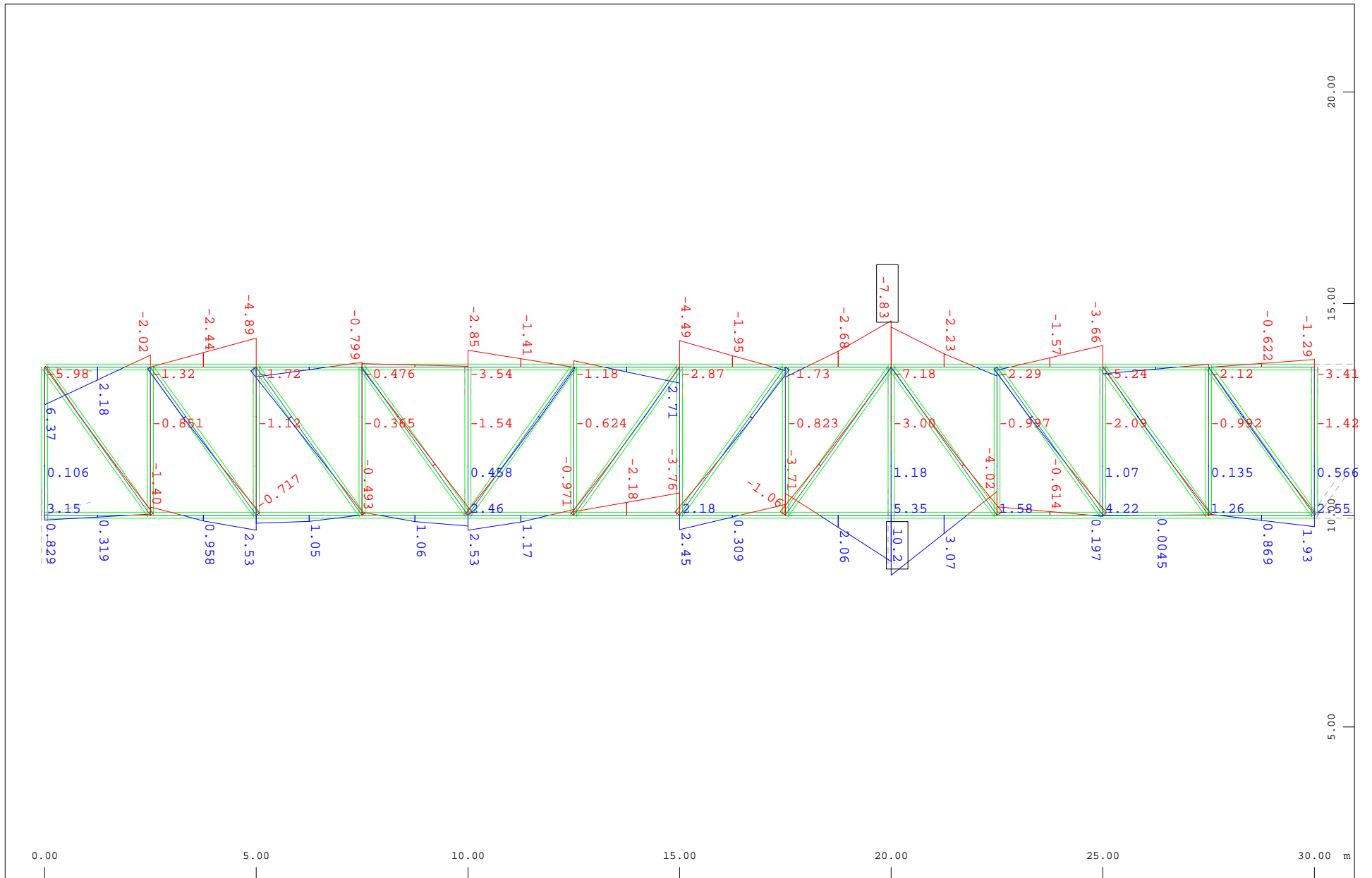
M 1 : 126



Sector of system Beam Elements Group 101...105

Beam Elements , Torsional moment Mt, Loadcase 109121 MAX-N BEAM Forces in Beam Element , 1 cm 3D = 1.80 kNm (Min=-1.46) (Max=2.01)

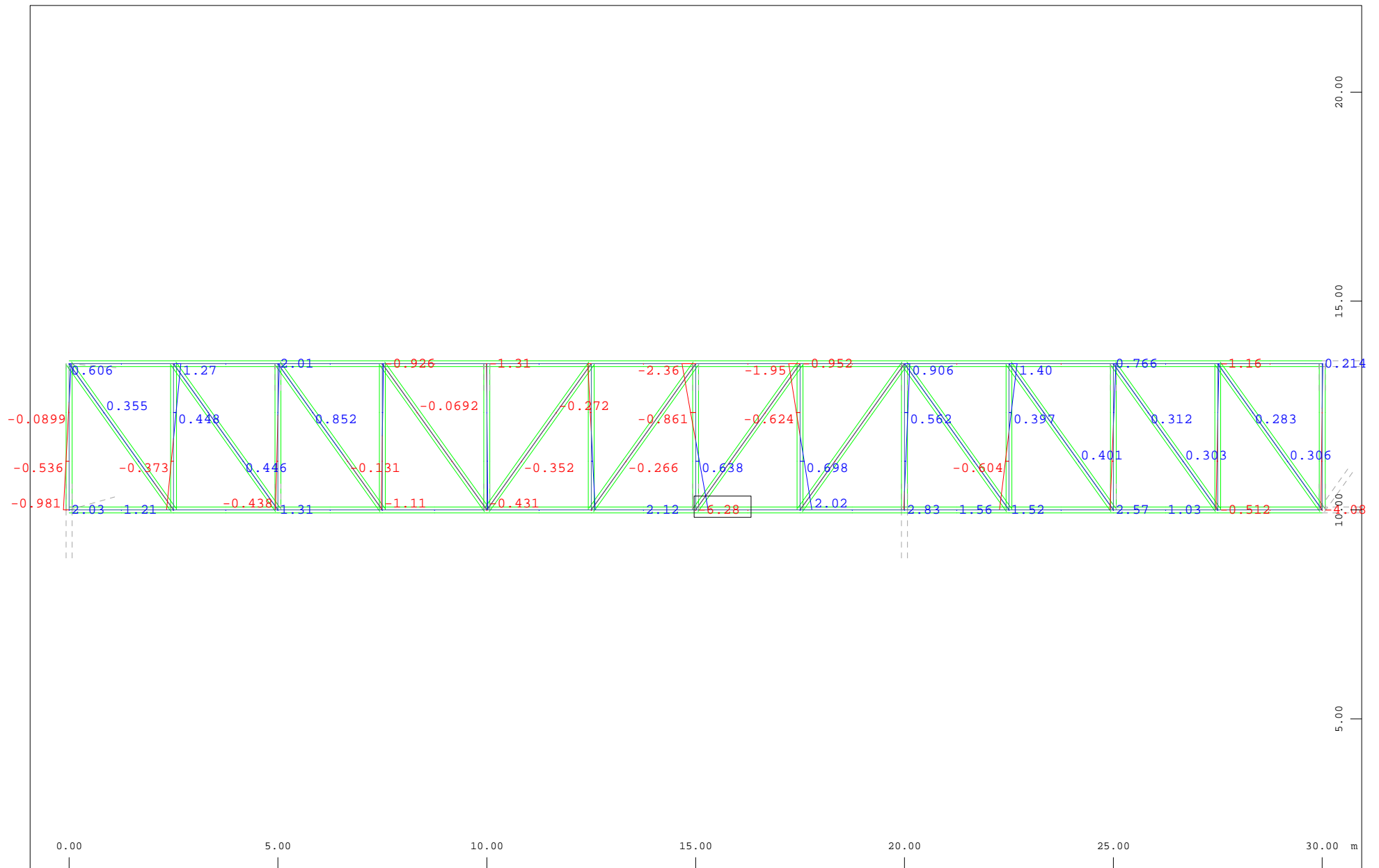
M 1 : 126



Sector of system Beam Elements Group 101...105

M 1 : 126

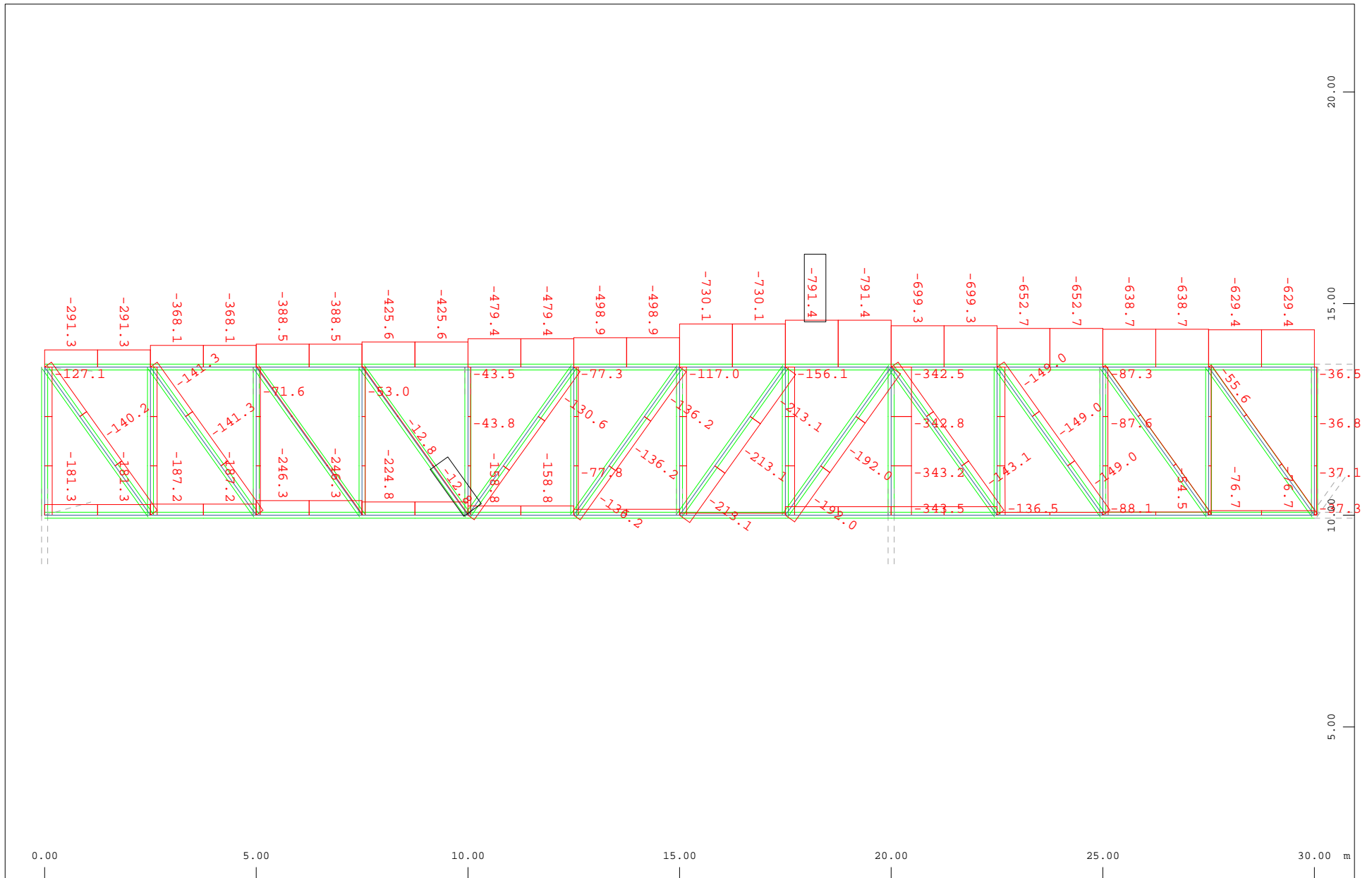
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 109121 MAX-N BEAM Forces in Beam Element , 1 cm 3D = 9.02 kNm (Min=-7.83) (Max=10.2)



Sector of system Beam Elements Group 101...105

M 1 : 126

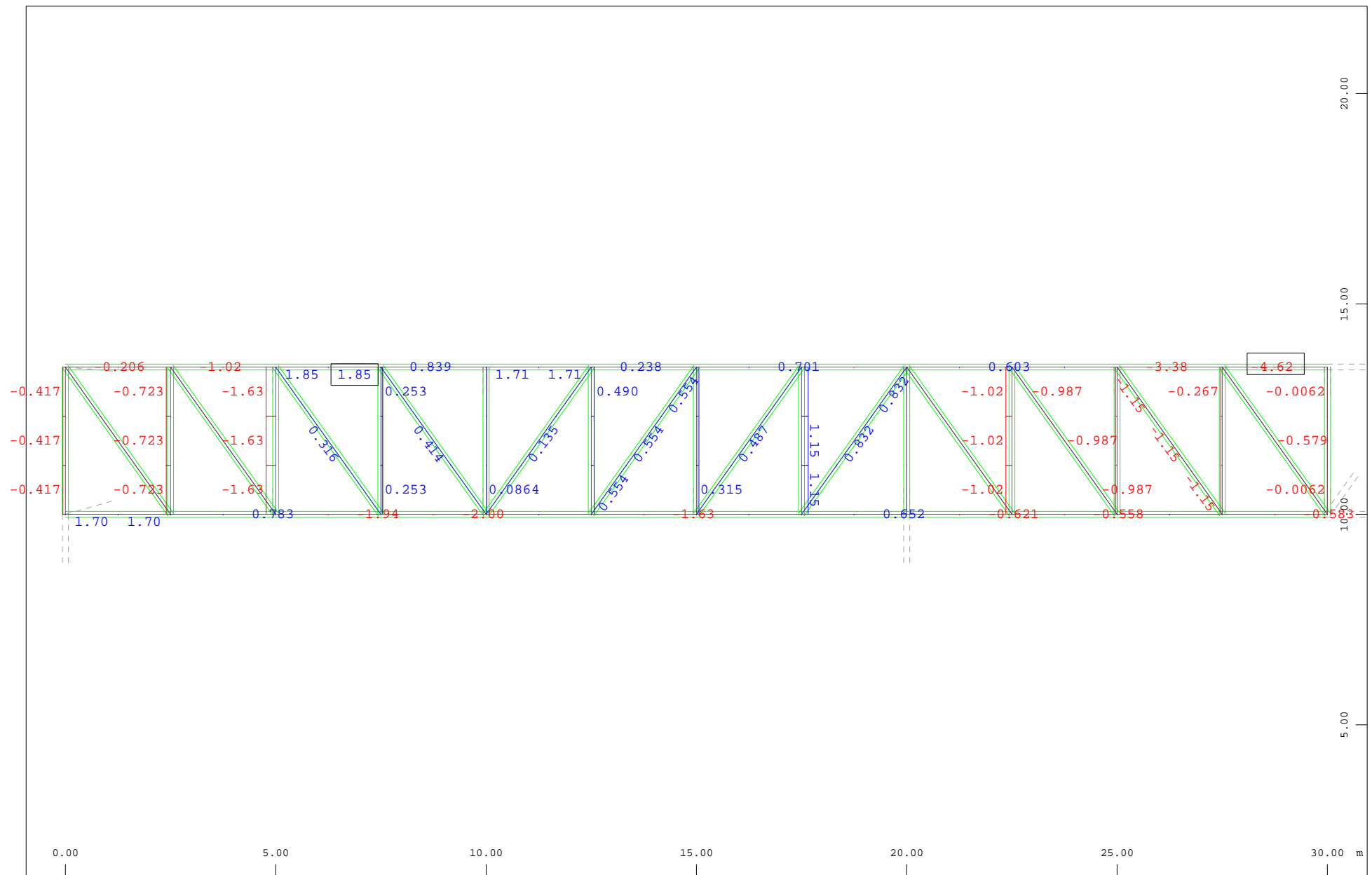
Beam Elements , Bending moment  $M_z$ , Loadcase 109121 MAX-N BEAM Forces in Beam Element , 1 cm 3D = 9.02 kNm (Min=-6.28) (Max=4.47)



Sector of system Beam Elements Group 101...105

M 1 : 126

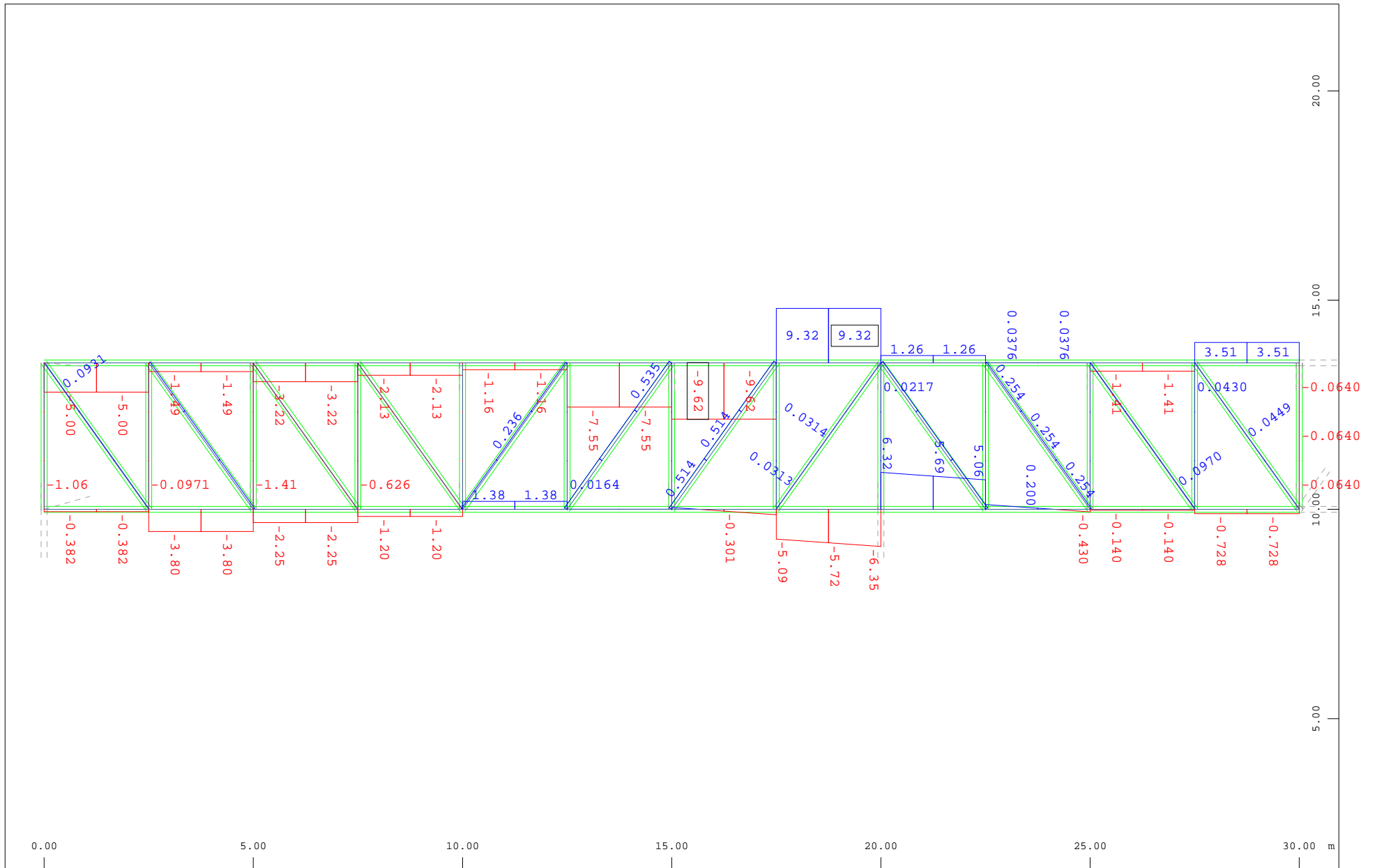
Beam Elements , Normal force  $N_x$ , Loadcase 109122 MIN-N BEAM Forces in Beam Element , 1 cm 3D = 902.3 kN (Min=-791.4) (Max=-12.8)



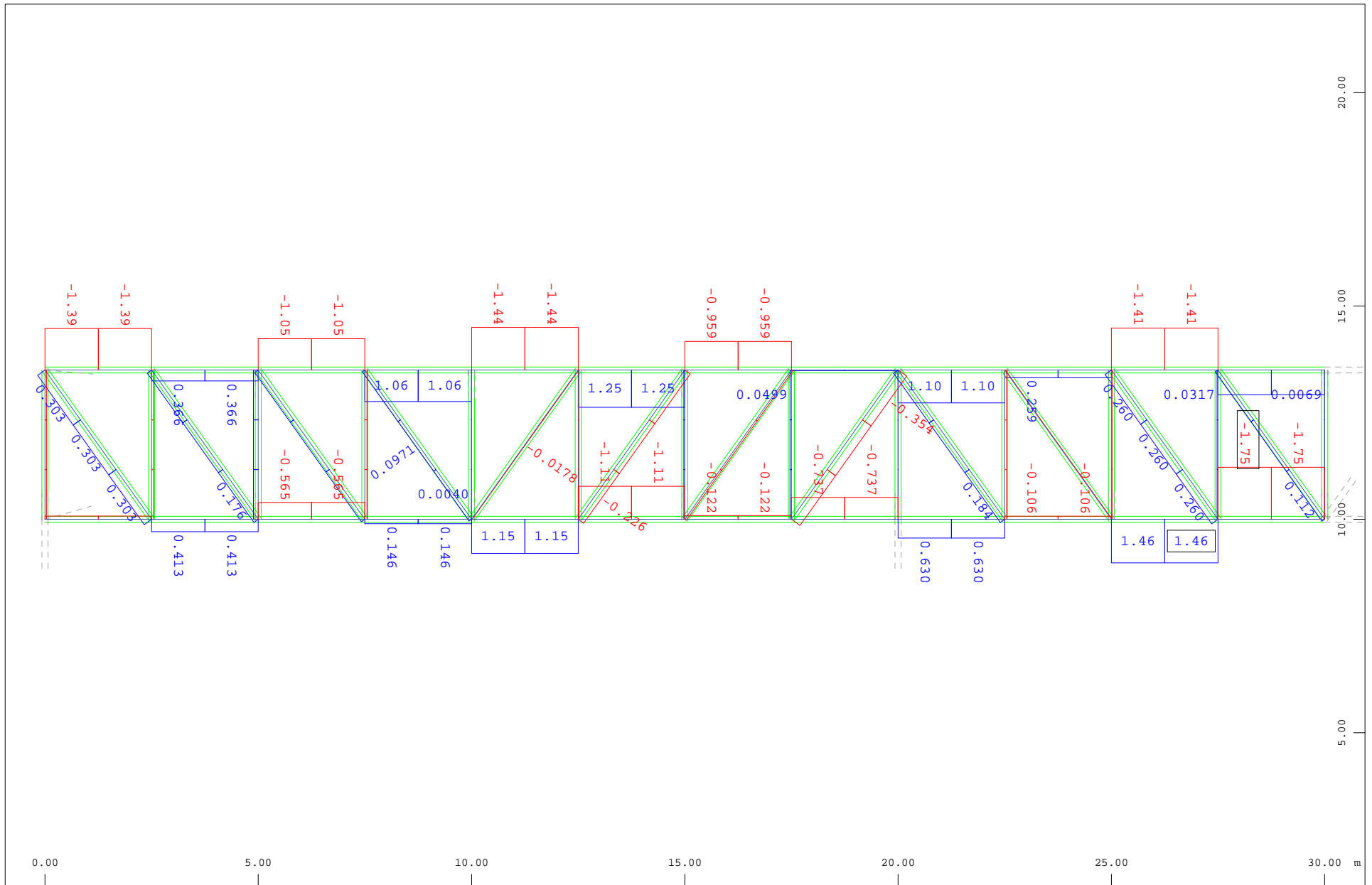
Sector of system Beam Elements Group 101...105

M 1 : 126

Beam Elements , Shear force Vy, Loadcase 109122 MIN-N BEAM Forces in Beam Element , 1 cm 3D = 9.02 kN (Min=-4.62) (Max=1.85)



Sector of system Beam Elements Group 101...105  
 Beam Elements , Shear force  $V_z$ , Loadcase 109122 MIN-N BEAM Forces in Beam Element , 1 cm 3D = 9.02 kN (Min=-9.62) (Max=9.32)

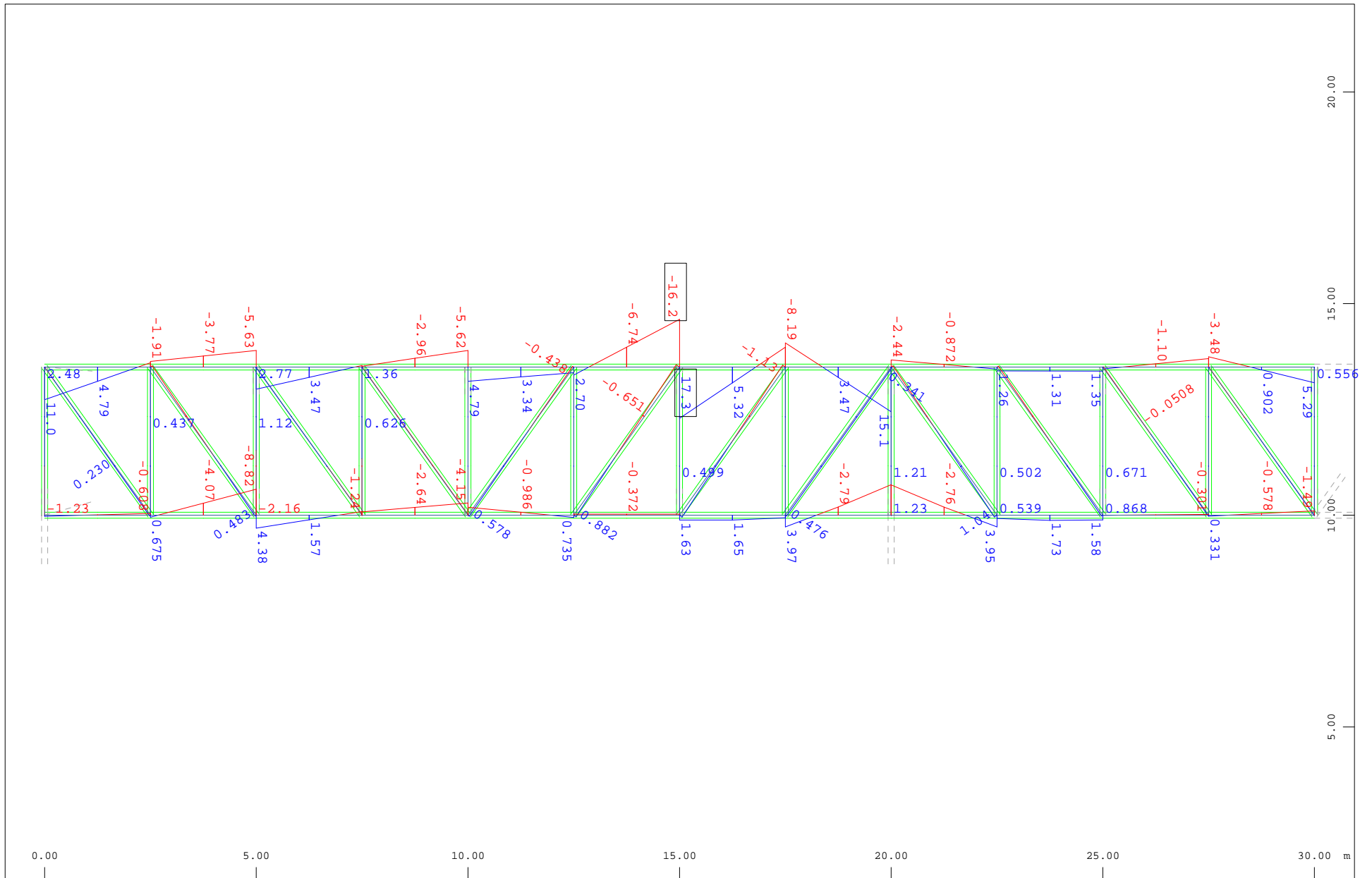


Sector of system Beam Elements Group 101...105

Beam Elements , Torsional moment Mt, Loadcase 109122 MIN-N BEAM Forces in Beam Element , 1 cm 3D = 1.80 kNm (Min=-1.75) (Max=1.46)

M 1 : 126

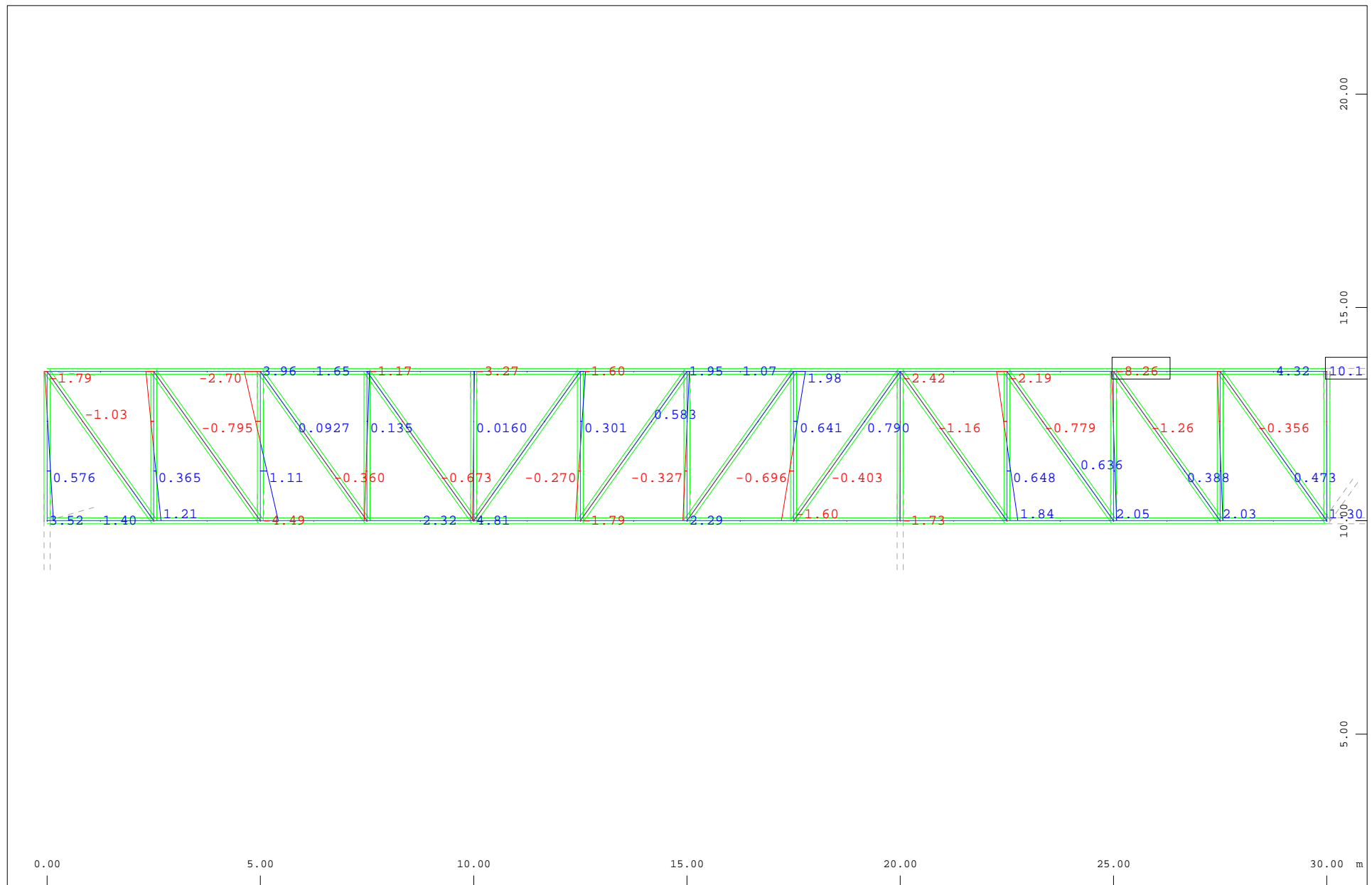




Sector of system Beam Elements Group 101...105

Beam Elements , Bending moment  $M_y$ , Loadcase 109122 MIN-N BEAM Forces in Beam Element , 1 cm 3D = 18.0 kNm (Min=-16.2) (Max=17.3)

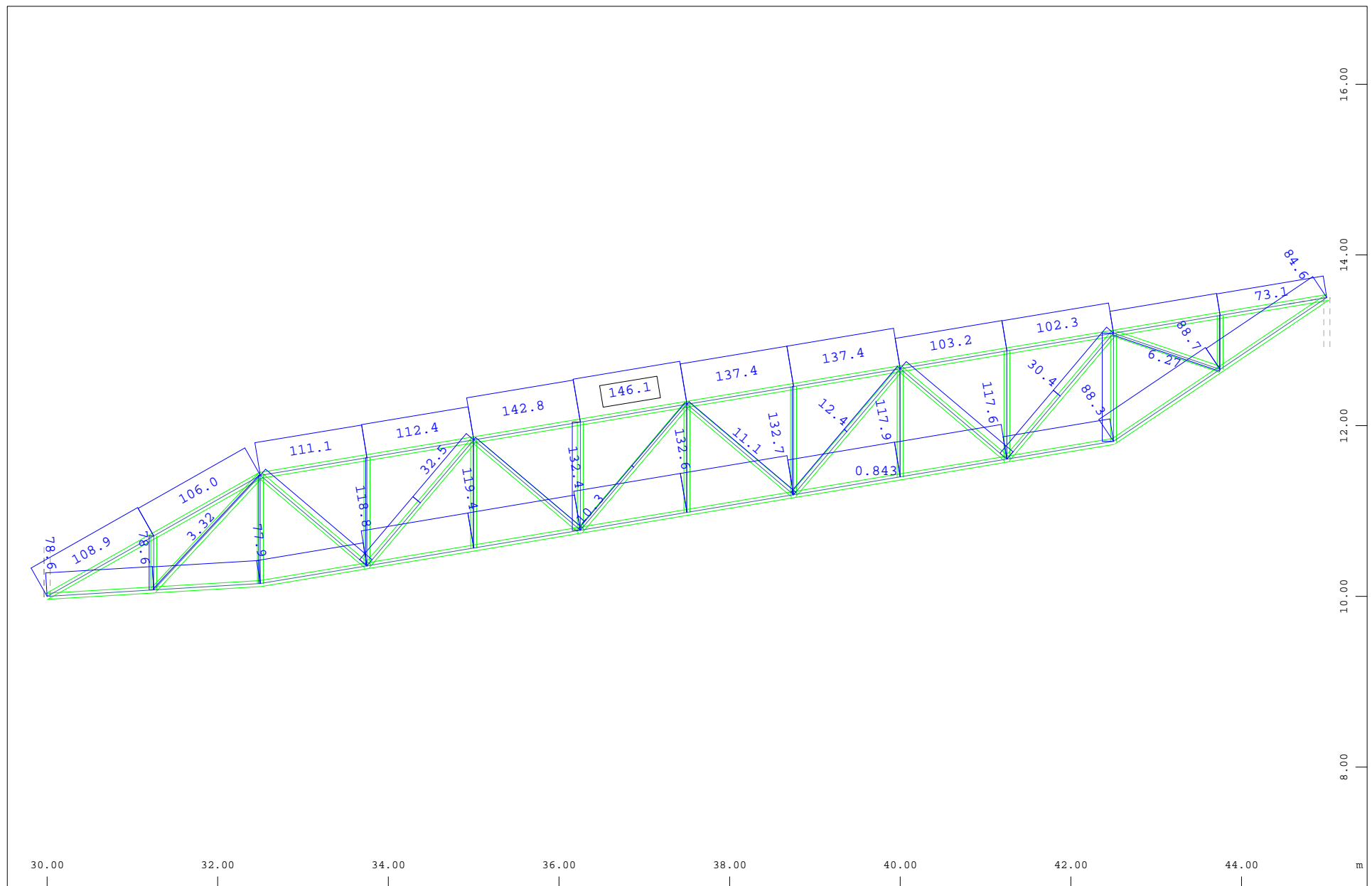
M 1 : 126



Sector of system Beam Elements Group 101...105

M 1 : 126

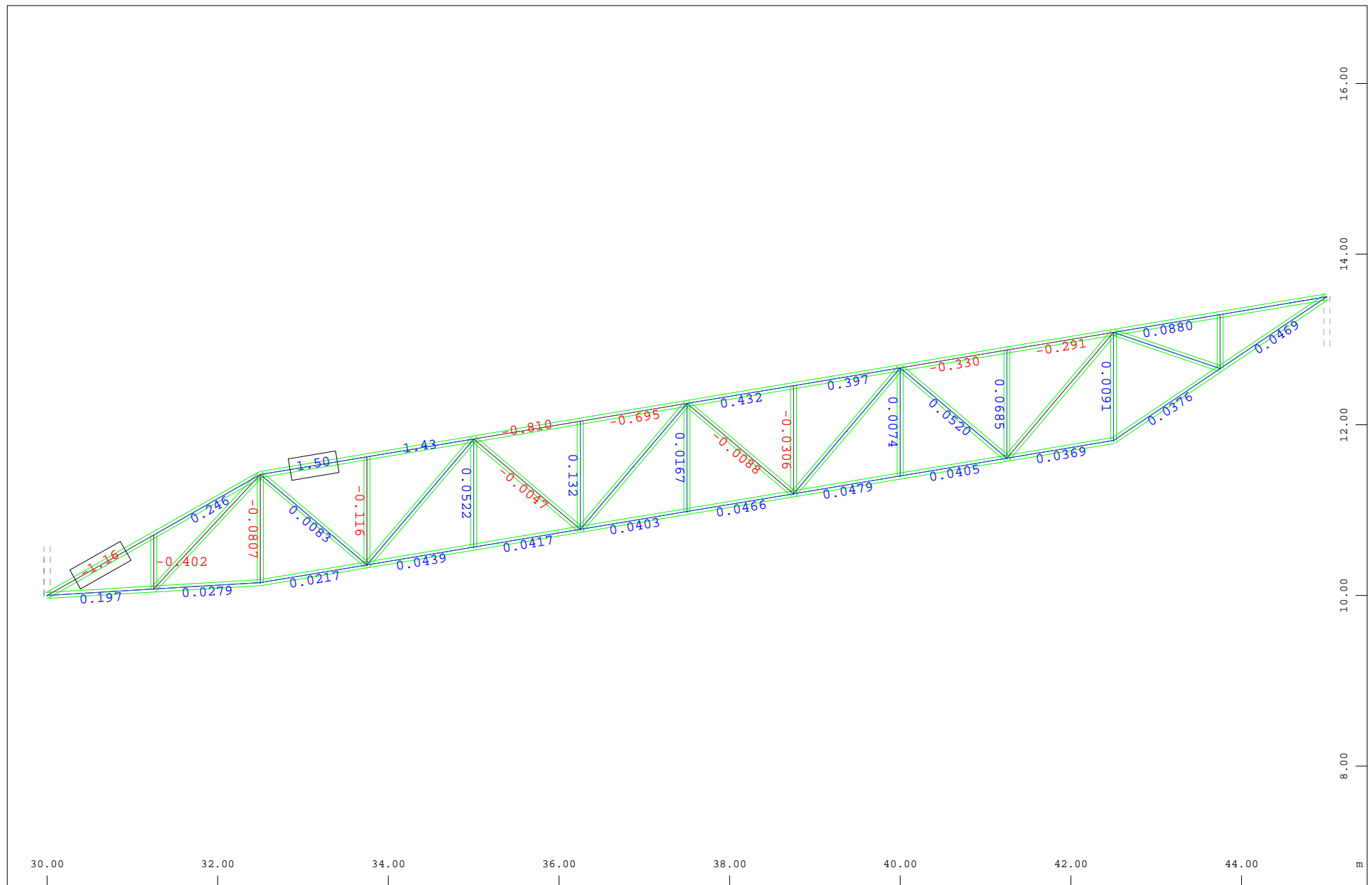
Beam Elements , Bending moment Mz, Loadcase 109122 MIN-N BEAM Forces in Beam Element , 1 cm 3D = 9.02 kNm (Min=-8.26) (Max=10.1)



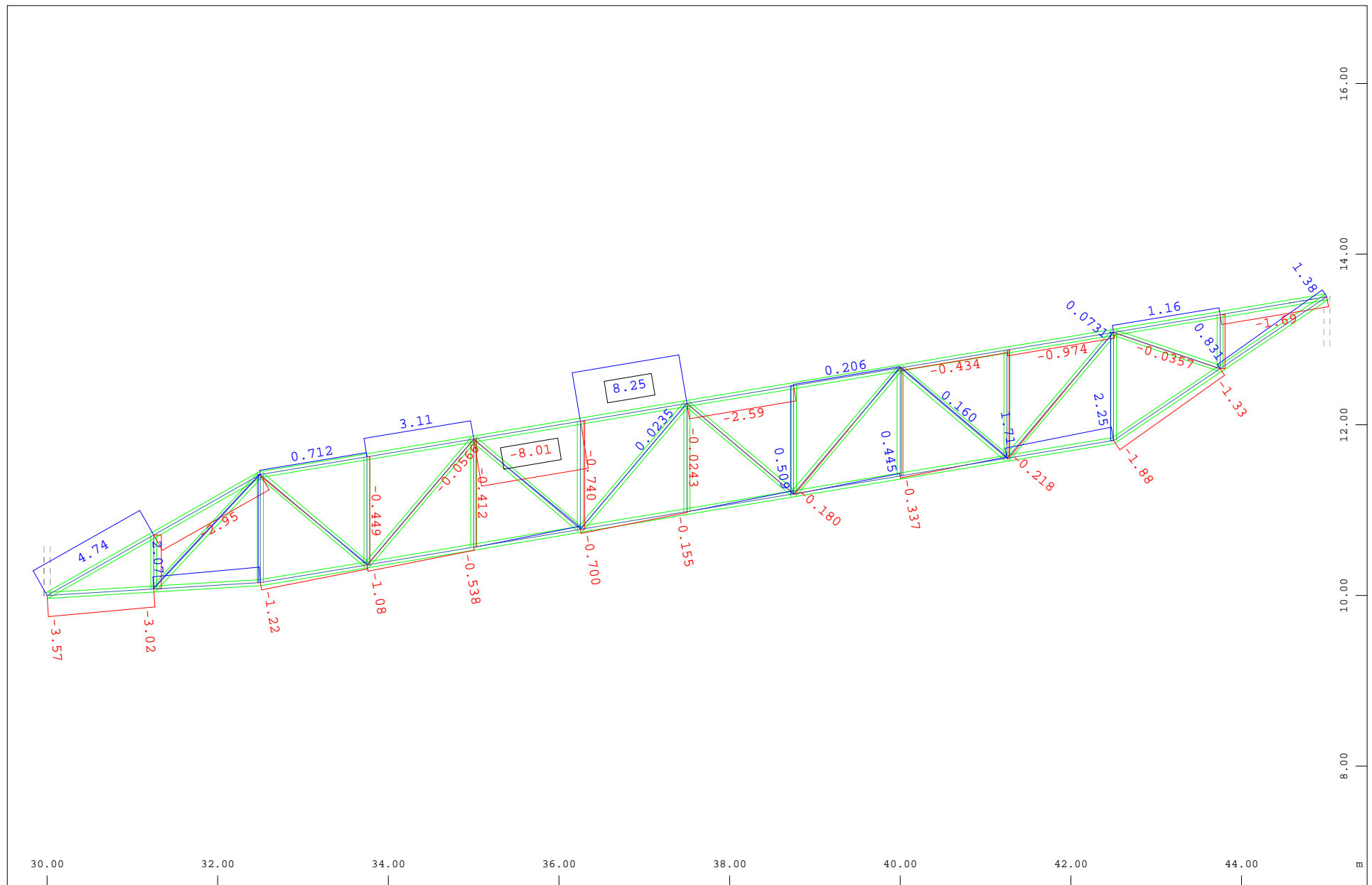
Sector of system Beam Elements Group 111...113 115

Beam Elements , Normal force  $N_x$ , Loadcase 109121 MAX-N BEAM Forces in Beam Element , 1 cm 3D = 180.5 kN (Max=146.1)

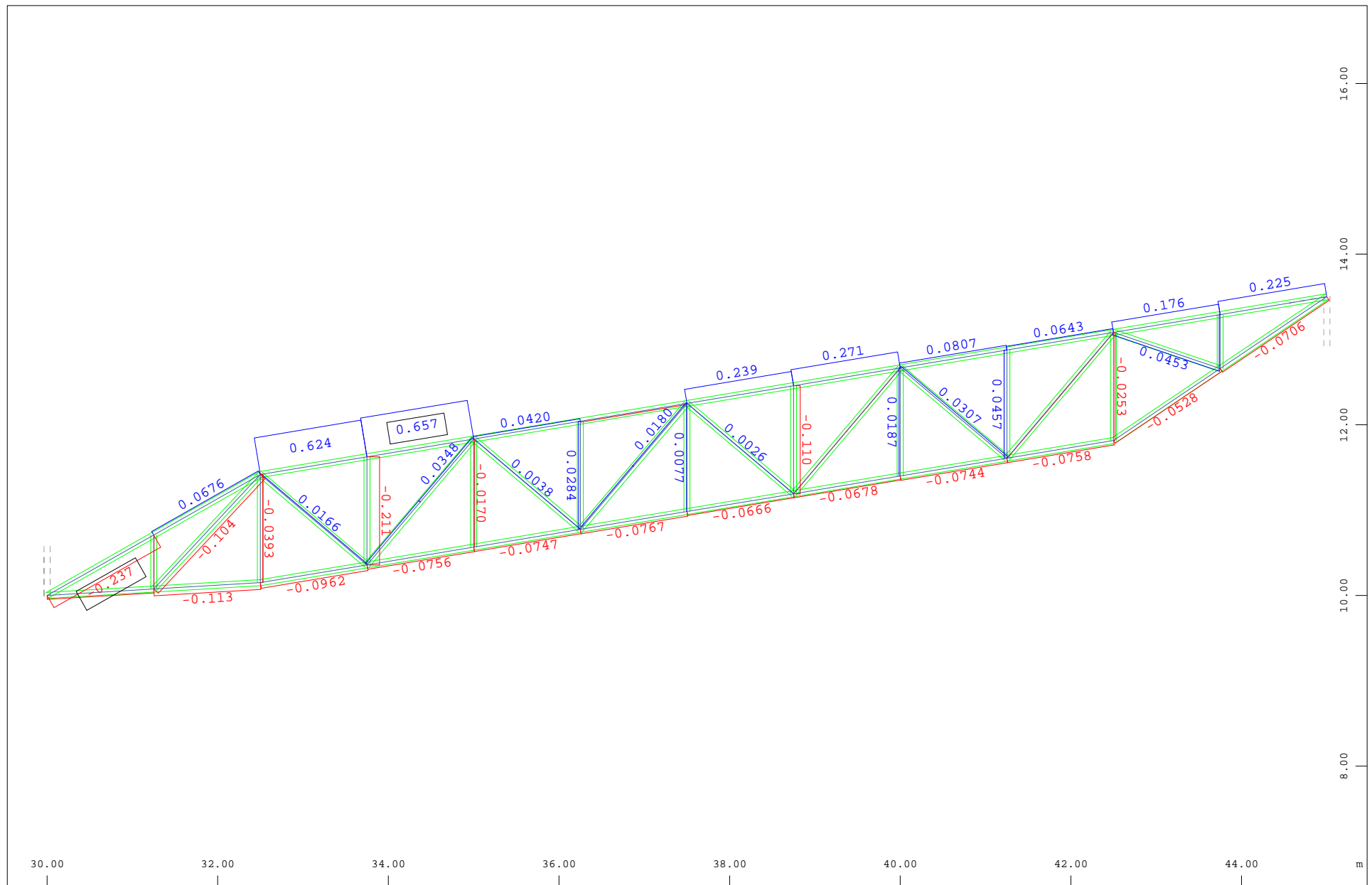
M 1 : 63



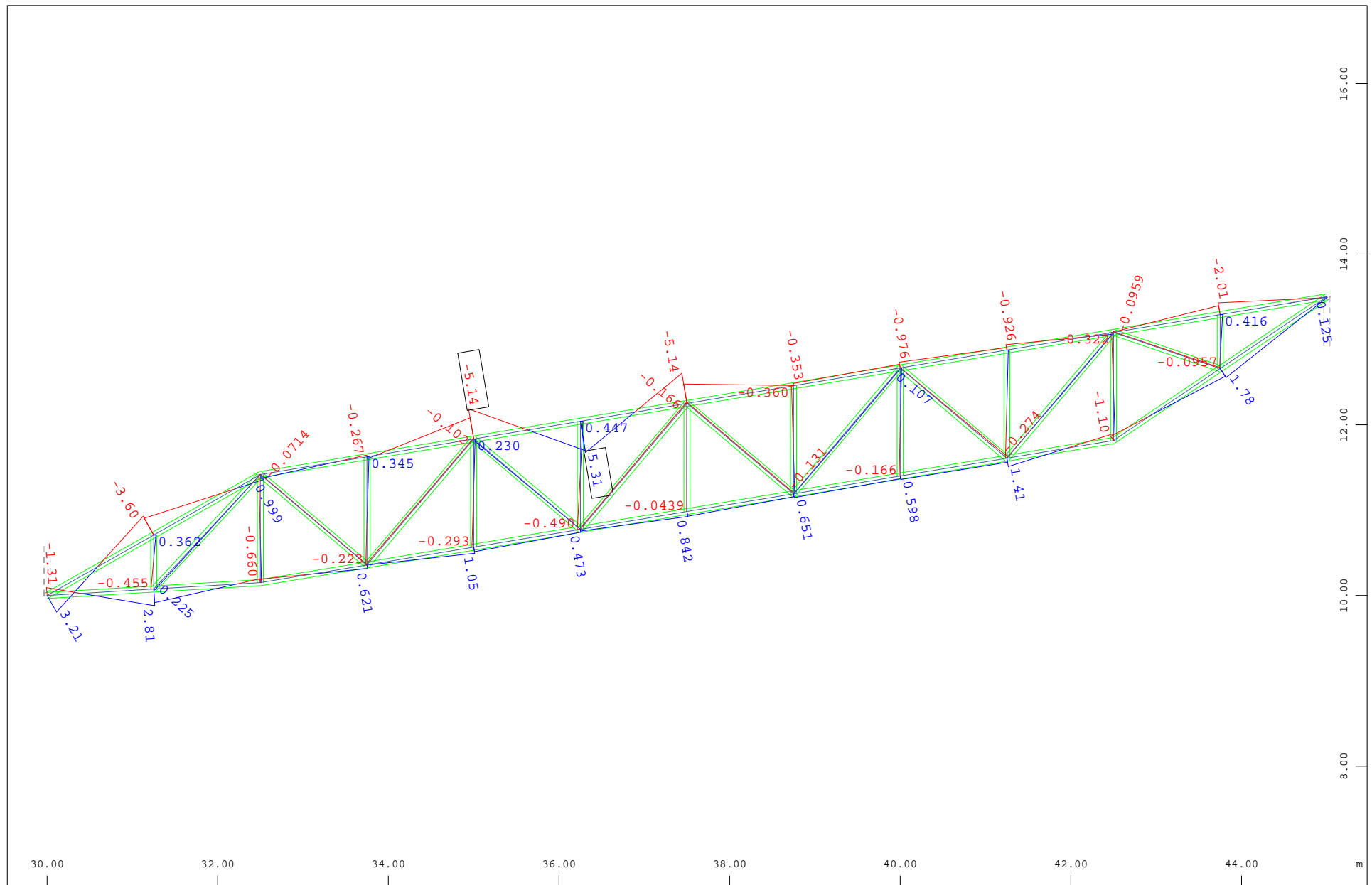
z Sector of system Beam Elements Group 111...113 115  
 x-y Beam Elements , Shear force  $V_y$ , Loadcase 109121 MAX-N BEAM Forces in Beam Elemen , 1 cm 3D = 1.80 kN (Min=-1.16) (Max=1.50)



z Sector of system Beam Elements Group 111...113 115  
 x-y Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 109121 MAX-N BEAM Forces in Beam Elemen , 1 cm 3D = 9.02 kN (Min=-8.01) (Max=8.25)



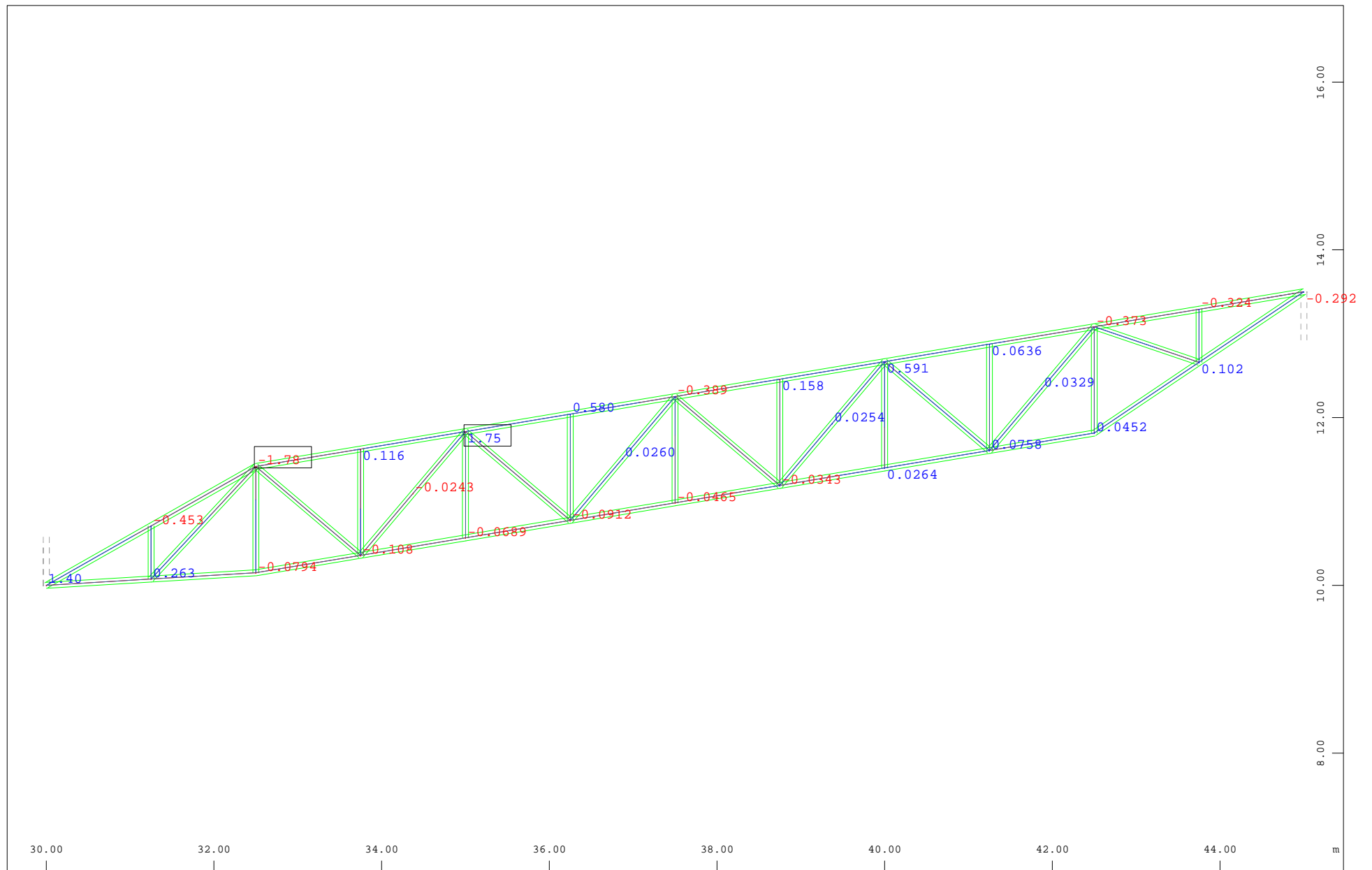
z Sector of system Beam Elements Group 111...113 115  
 x-y Beam Elements , Torsional moment Mt, Loadcase 109121 MAX-N BEAM Forces in Beam Elemen , 1 cm 3D = 0.902 kNm (Min=-0.237) (Max=0.657)



Sector of system Beam Elements Group 111...113 115

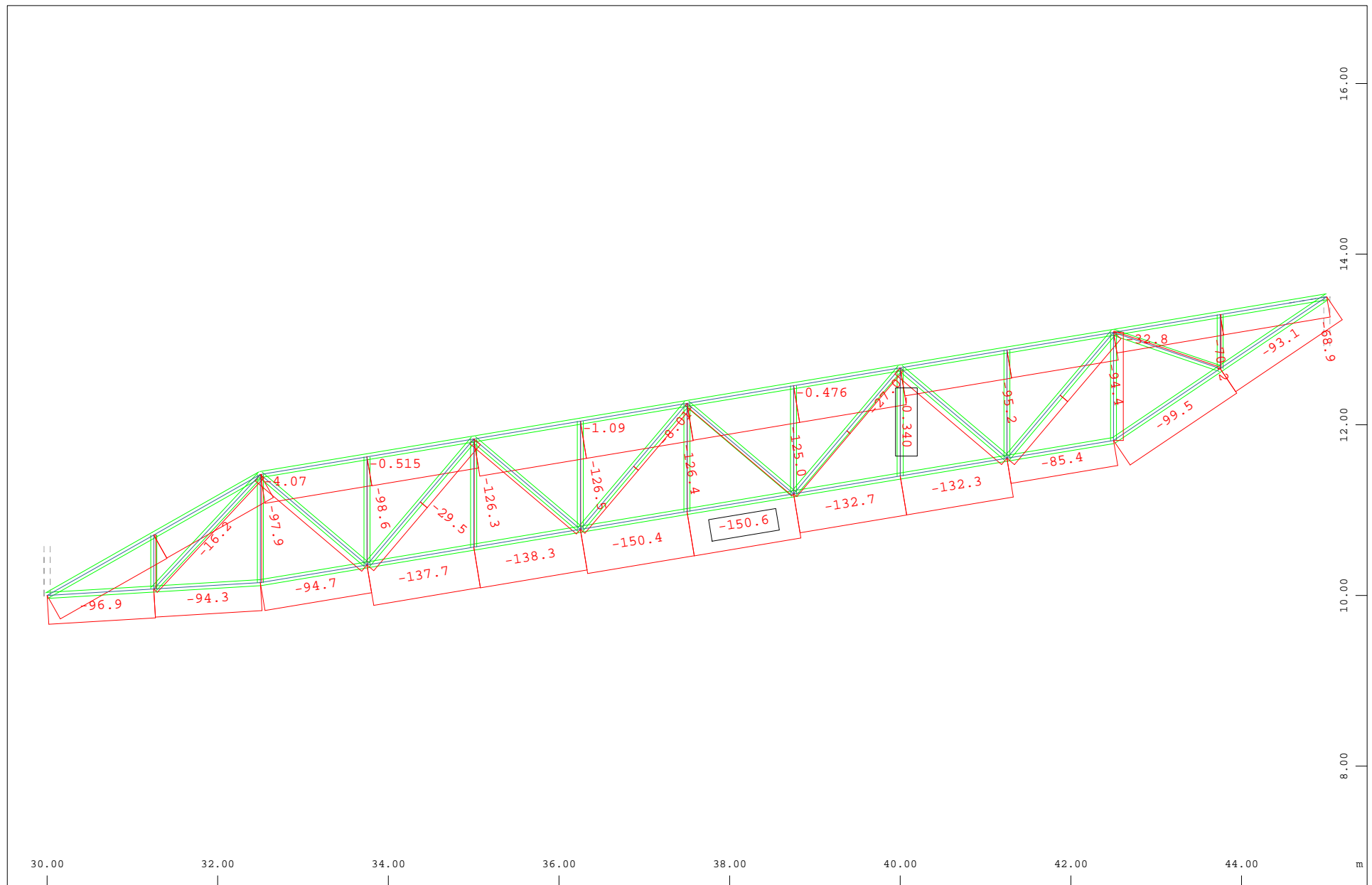
Beam Elements , Bending moment  $M_y$ , Loadcase 109121 MAX-N BEAM Forces in Beam Element , 1 cm 3D = 9.02 kNm (Min=-5.14) (Max=5.31)

M 1 : 63

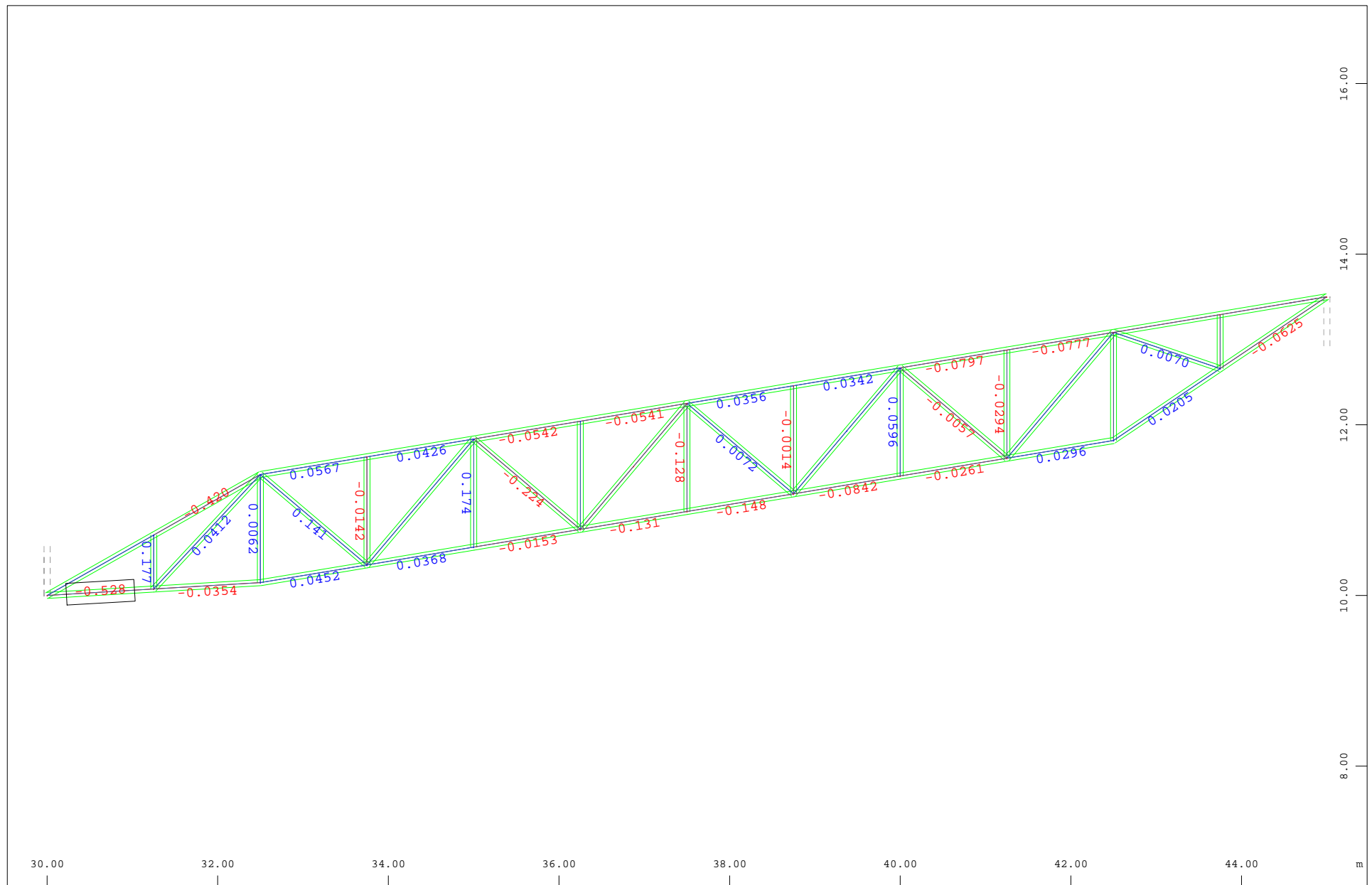


z Sector of system Beam Elements Group 111...113 115  
 x-y Beam Elements , Bending moment  $M_z$ , Loadcase 109121 MAX-N BEAM Forces in Beam Elemen , 1 cm 3D = 1.80 kNm (Min=-1.78) (Max=1.75)

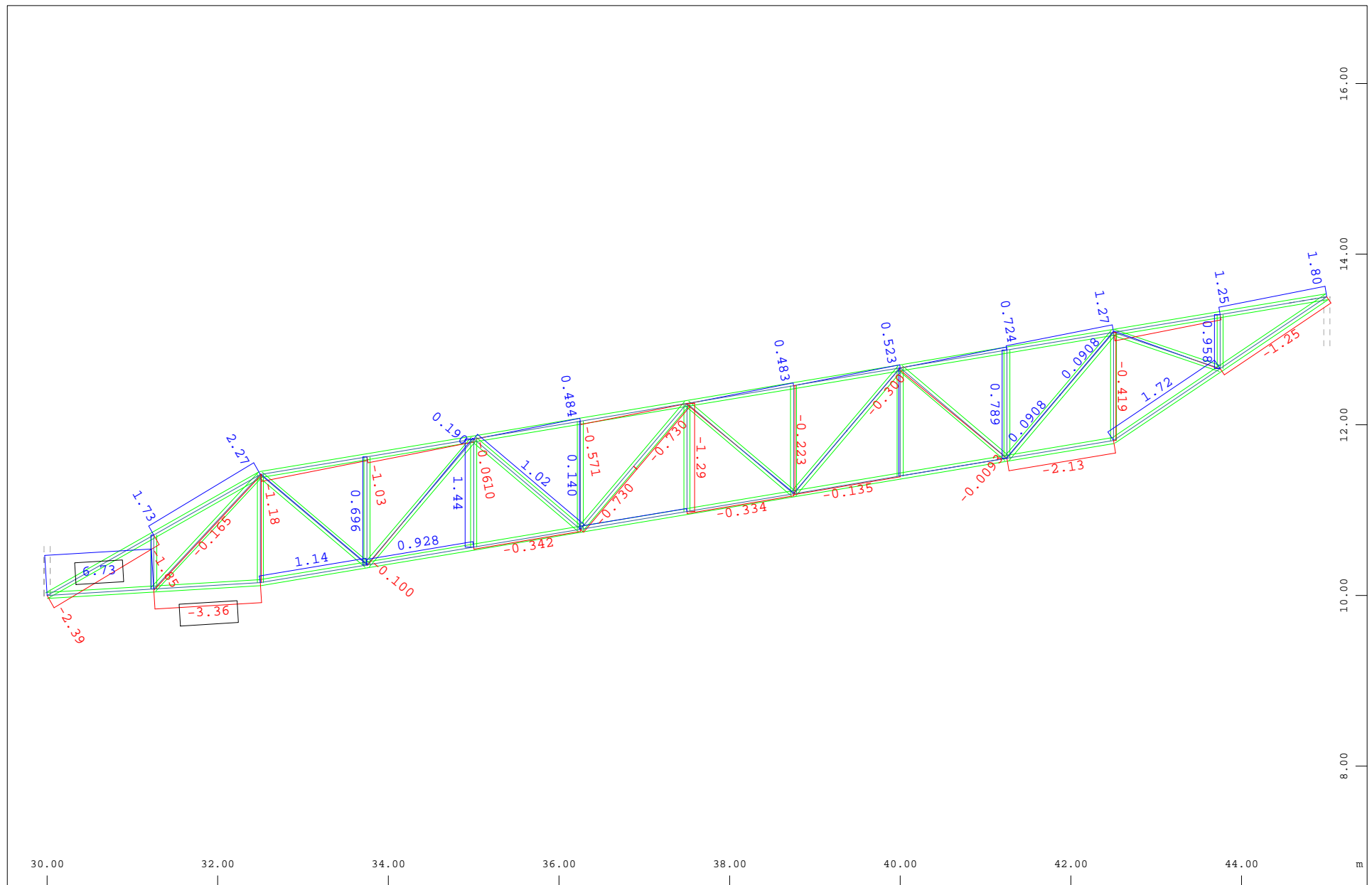




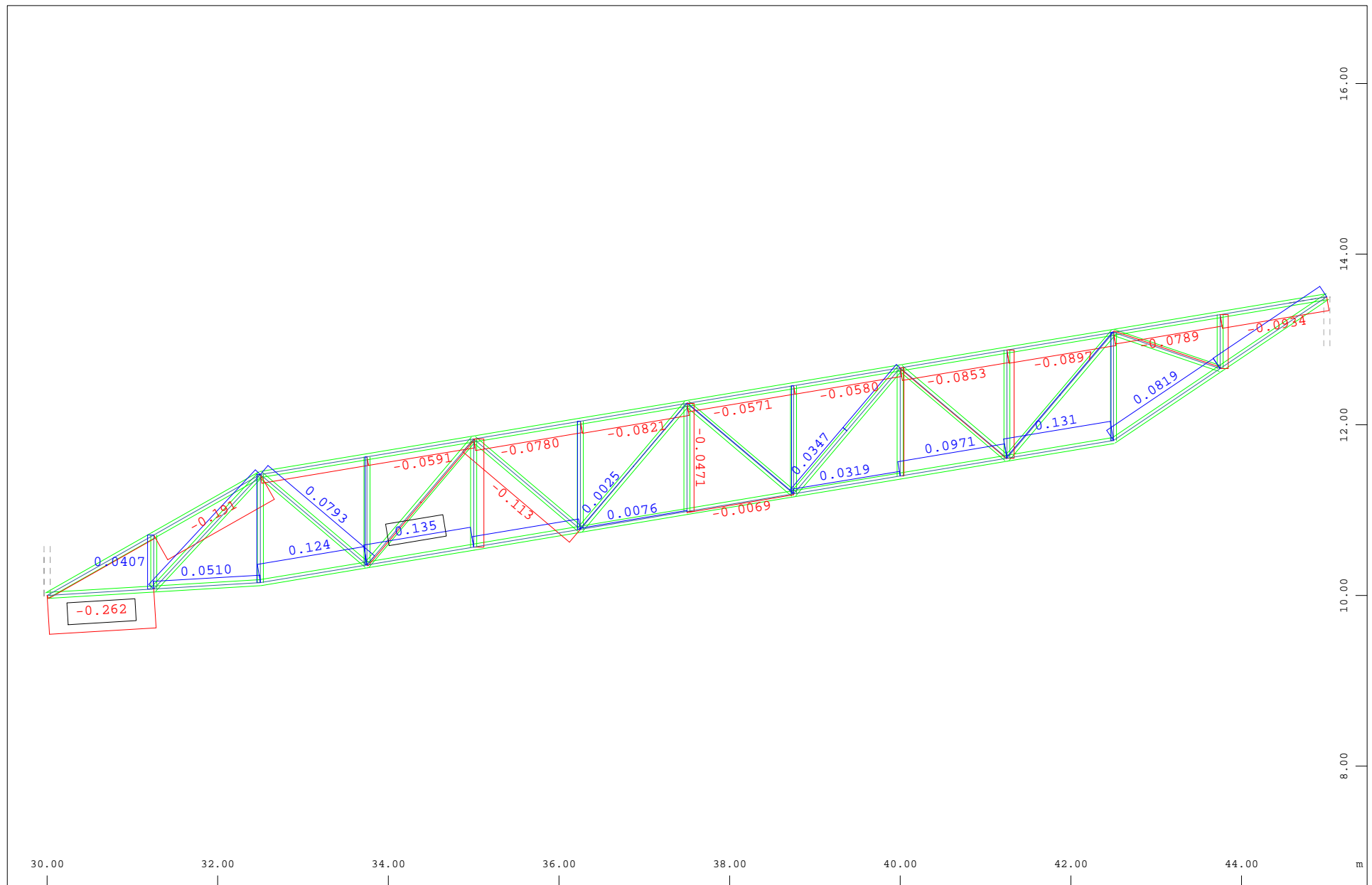
Sector of system Beam Elements Group 111...113 115  
 Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 109122 MIN-N BEAM Forces in Beam Elemen , 1 cm 3D = 180.5 kN (Min=-150.6) (Max=-0.340)



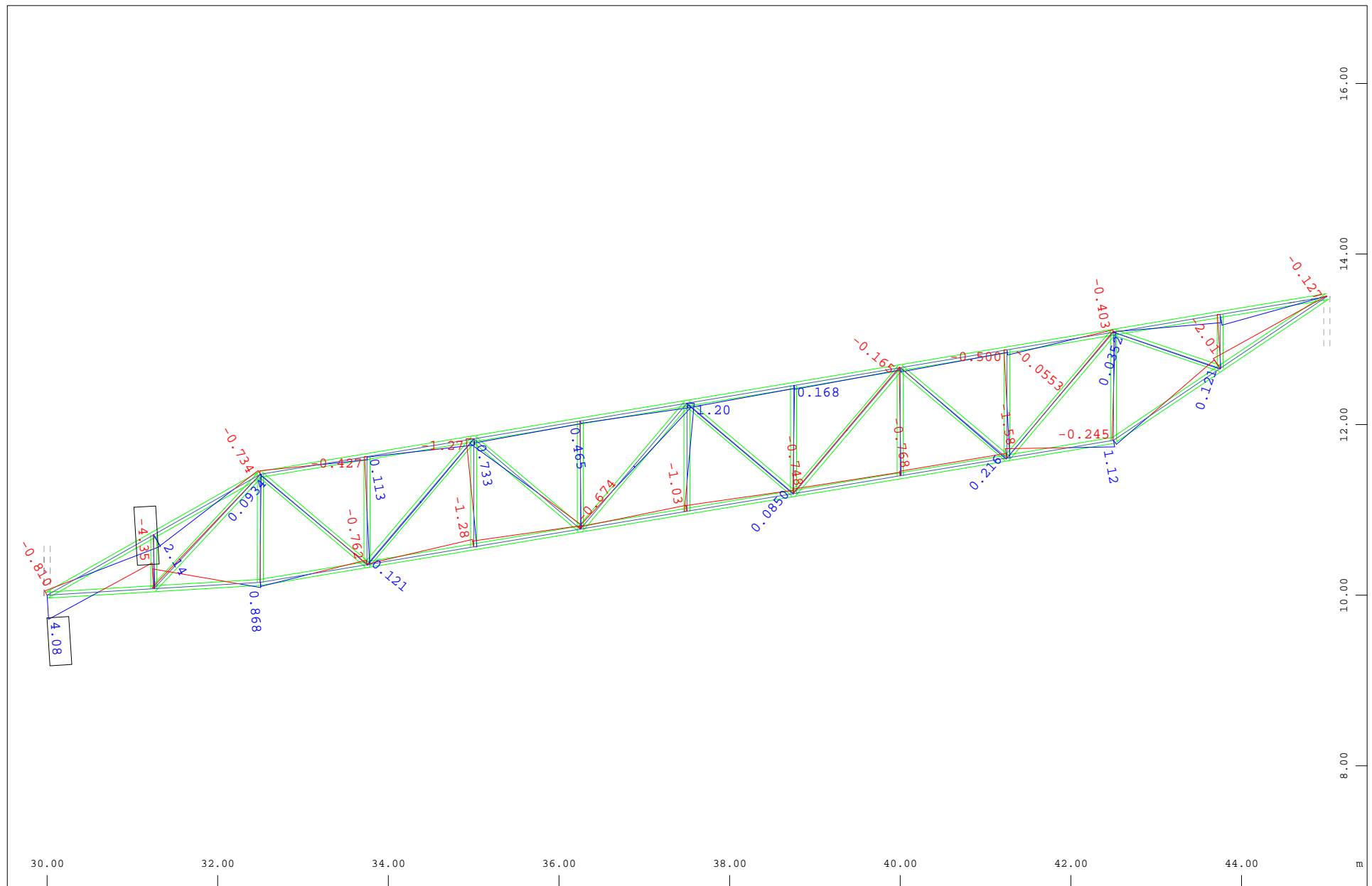
z Sector of system Beam Elements Group 111...113 115  
 x-y Beam Elements , Shear force  $V_y$ , Loadcase 109122 MIN-N BEAM Forces in Beam Elemen , 1 cm 3D = 0.902 kN (Min=-0.528) (Max=0.397)



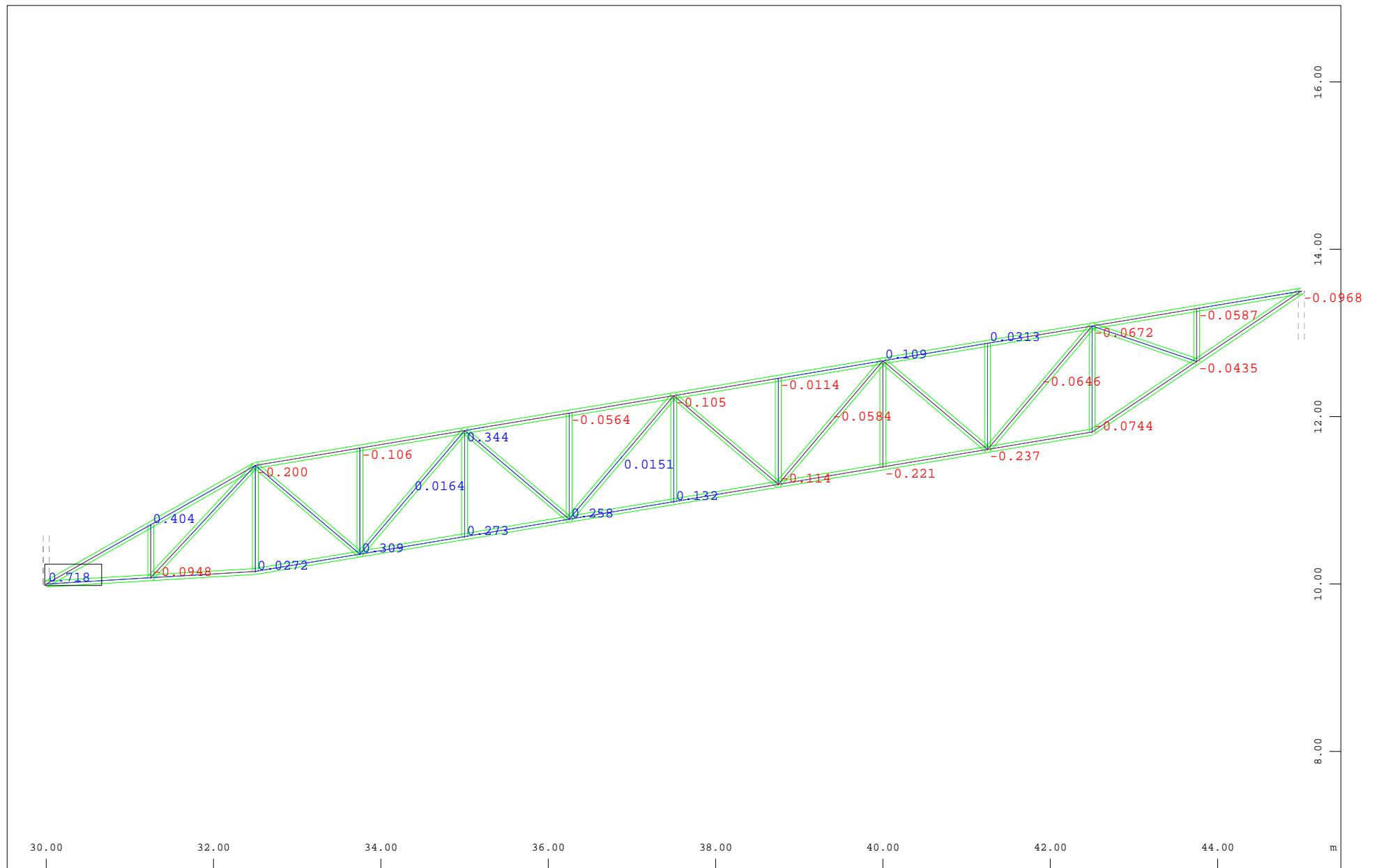
z Sector of system Beam Elements Group 111...113 115  
 x-y Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 109122 MIN-N BEAM Forces in Beam Elemen , 1 cm 3D = 9.02 kN (Min=-3.36) (Max=6.73)



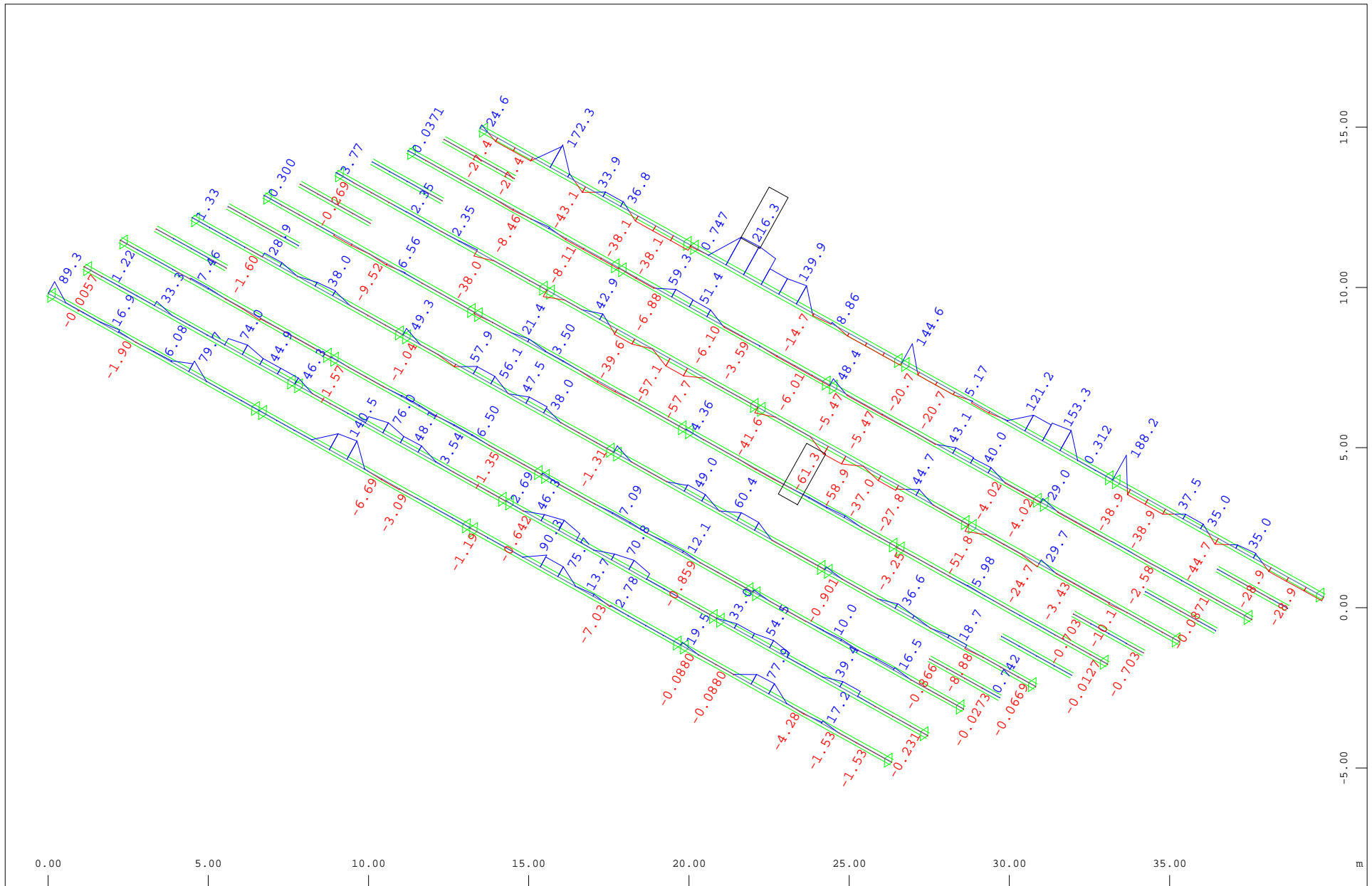
z Sector of system Beam Elements Group 111...113 115  
 x-y Beam Elements , Torsional moment Mt, Loadcase 109122 MIN-N BEAM Forces in Beam Elemen , 1 cm 3D = 0.361 kNm (Min=-0.262) (Max=0.135)



z Sector of system Beam Elements Group 111...113 115  
 x-y Beam Elements , Bending moment  $M_y$ , Loadcase 109122 MIN-N BEAM Forces in Beam Elemen , 1 cm 3D = 9.02 kNm (Min=-4.35) (Max=4.08)



z Sector of system Beam Elements Group 111...113 115  
 x-y Beam Elements , Bending moment  $M_z$ , Loadcase 109122 MIN-N BEAM Forces in Beam Elemen , 1 cm 3D = 0.902 kNm (Min=-0.309) (Max=0.718)

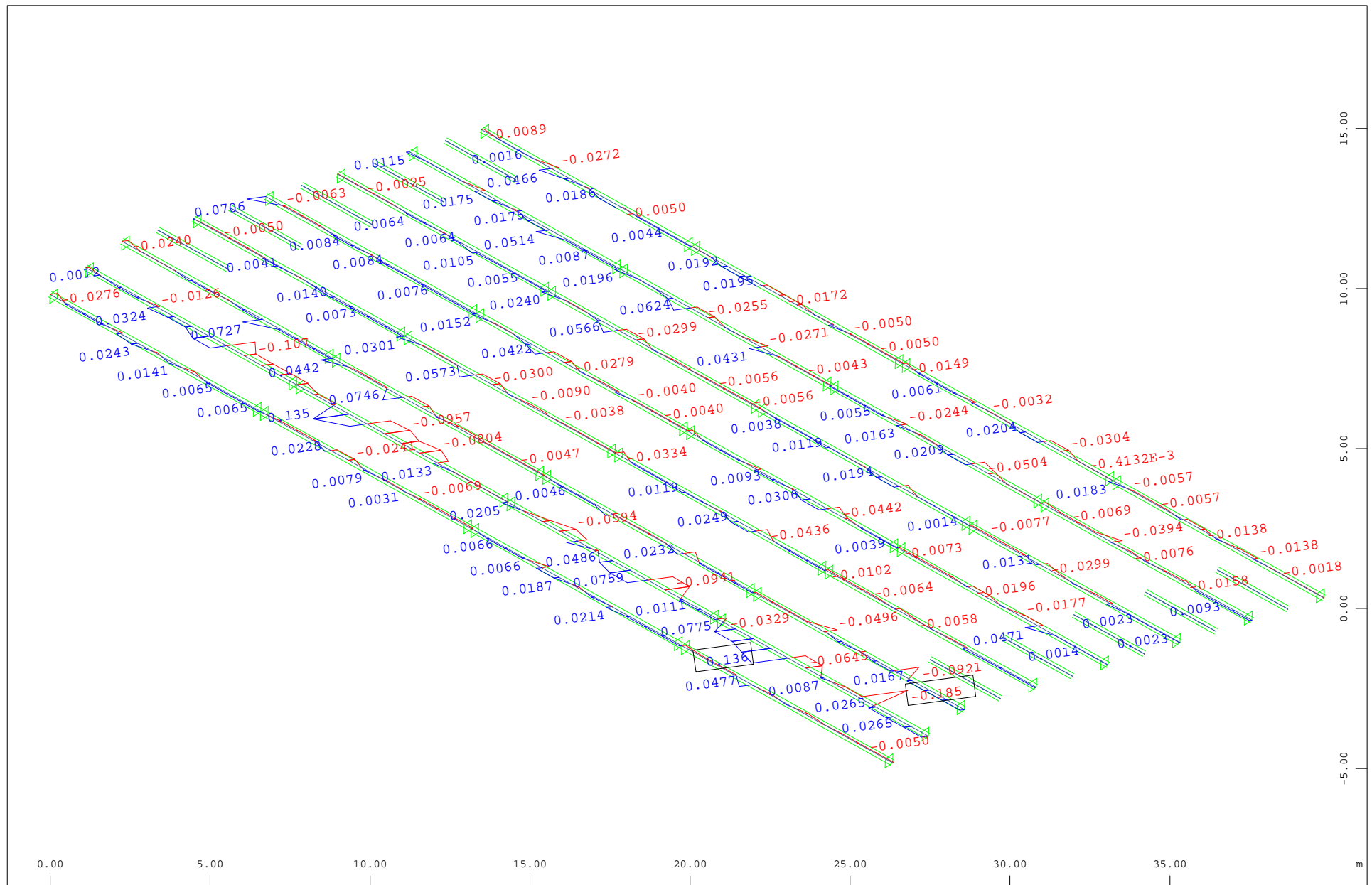


z Sector of system Group 125

Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 109129 MAX-MY BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 360.9 kN (Min=-61.3) (Max=216.3)

M 1 : 168

x \* 0.502  
y \* 0.906  
z \* 0.962



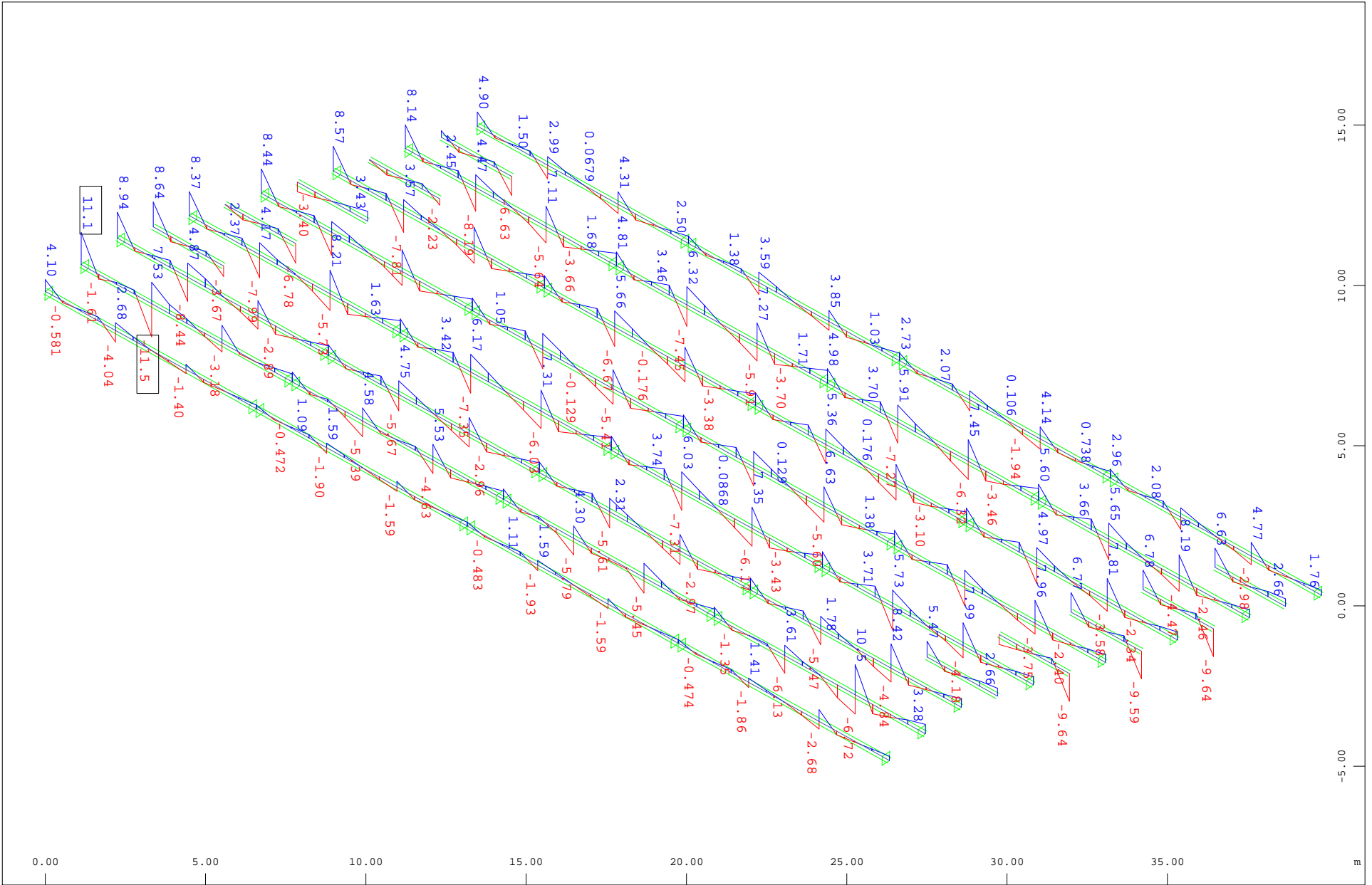
z Sector of system Group 125

Beam Elements , Shear force Vy, Loadcase 109129 MAX-MY BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 0.180 kN (Min=-0.185) (Max=0.136)

M 1 : 168

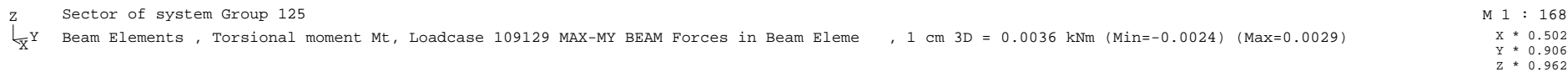
x \* 0.502  
y \* 0.906  
z \* 0.962

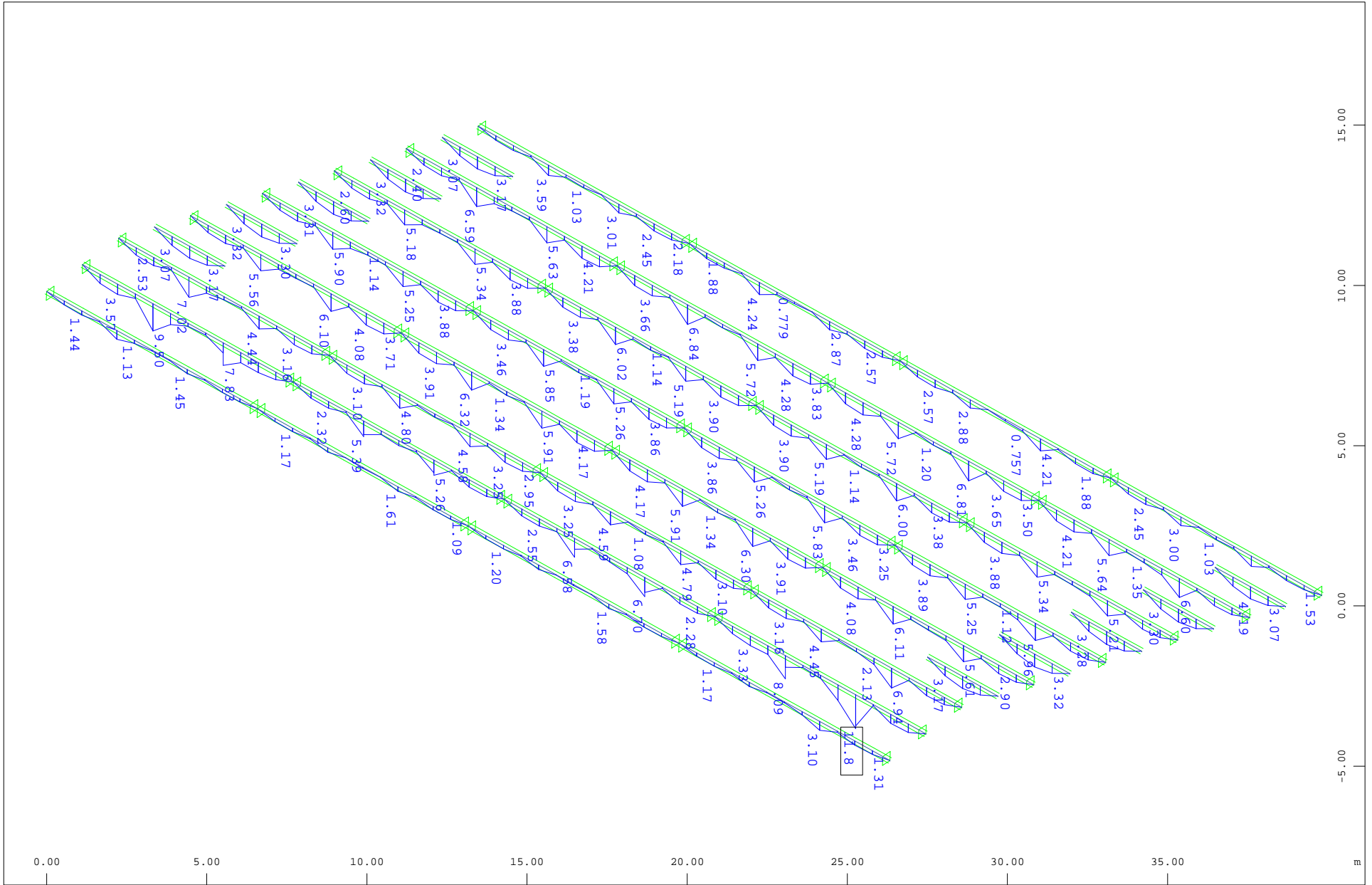




Sector of system Group 125  
 Beam Elements, Shear force Vz, Loadcase 109129 MAX-MY BEAM Forces in Beam Eleme, 1 cm 3D = 18.0 kN (Min=-11.5) (Max=11.1)

M 1 : 168  
 X \* 0.502  
 Y \* 0.906  
 Z \* 0.962



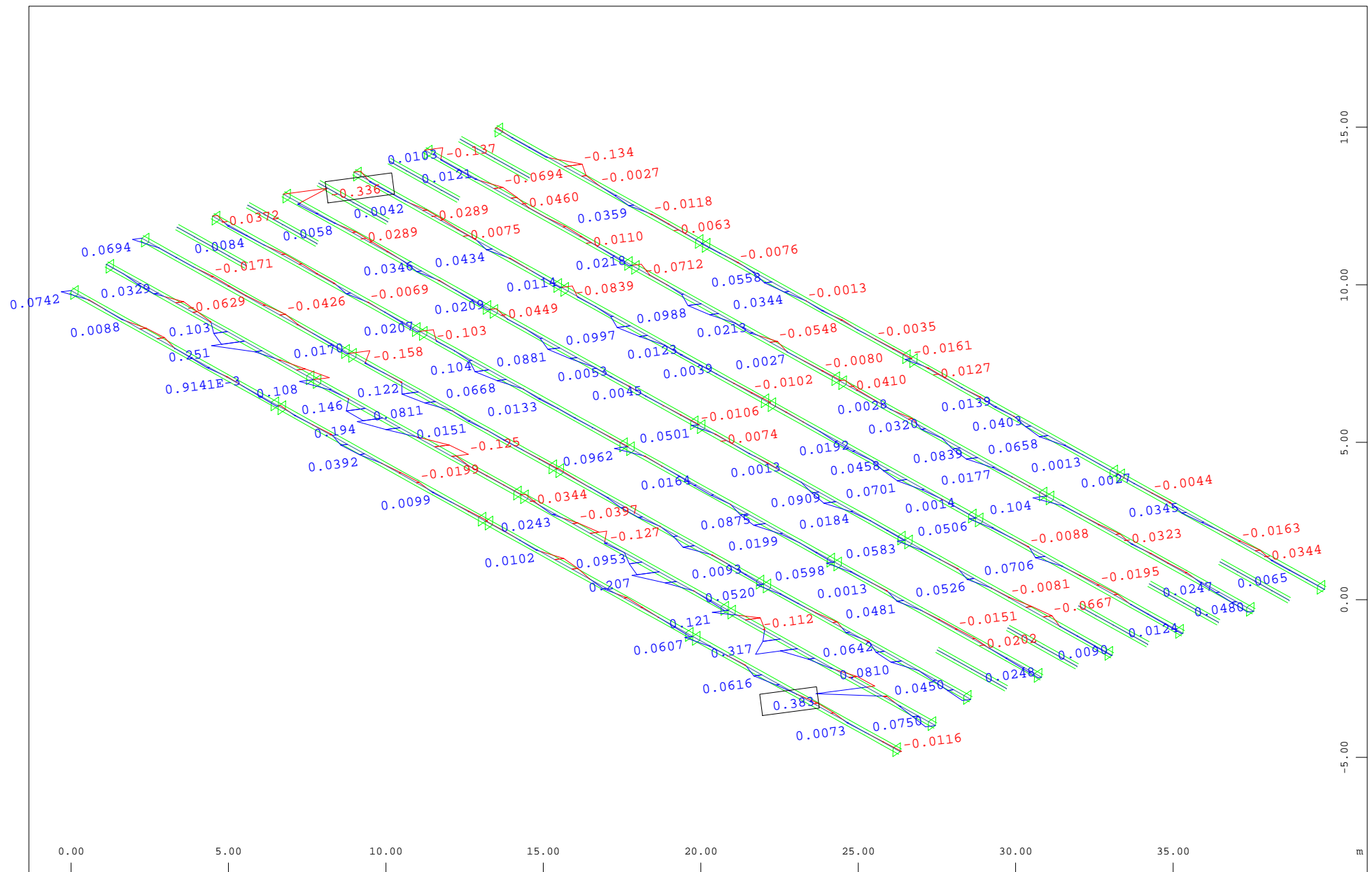


Sector of system Group 125

Beam Elements , Bending moment  $M_y$ , Loadcase 109129 MAX-MY BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 18.0 kNm (Min=-9.9920e-16) (Max=11.8)

M 1 : 168

X \* 0.502  
Y \* 0.906  
Z \* 0.962

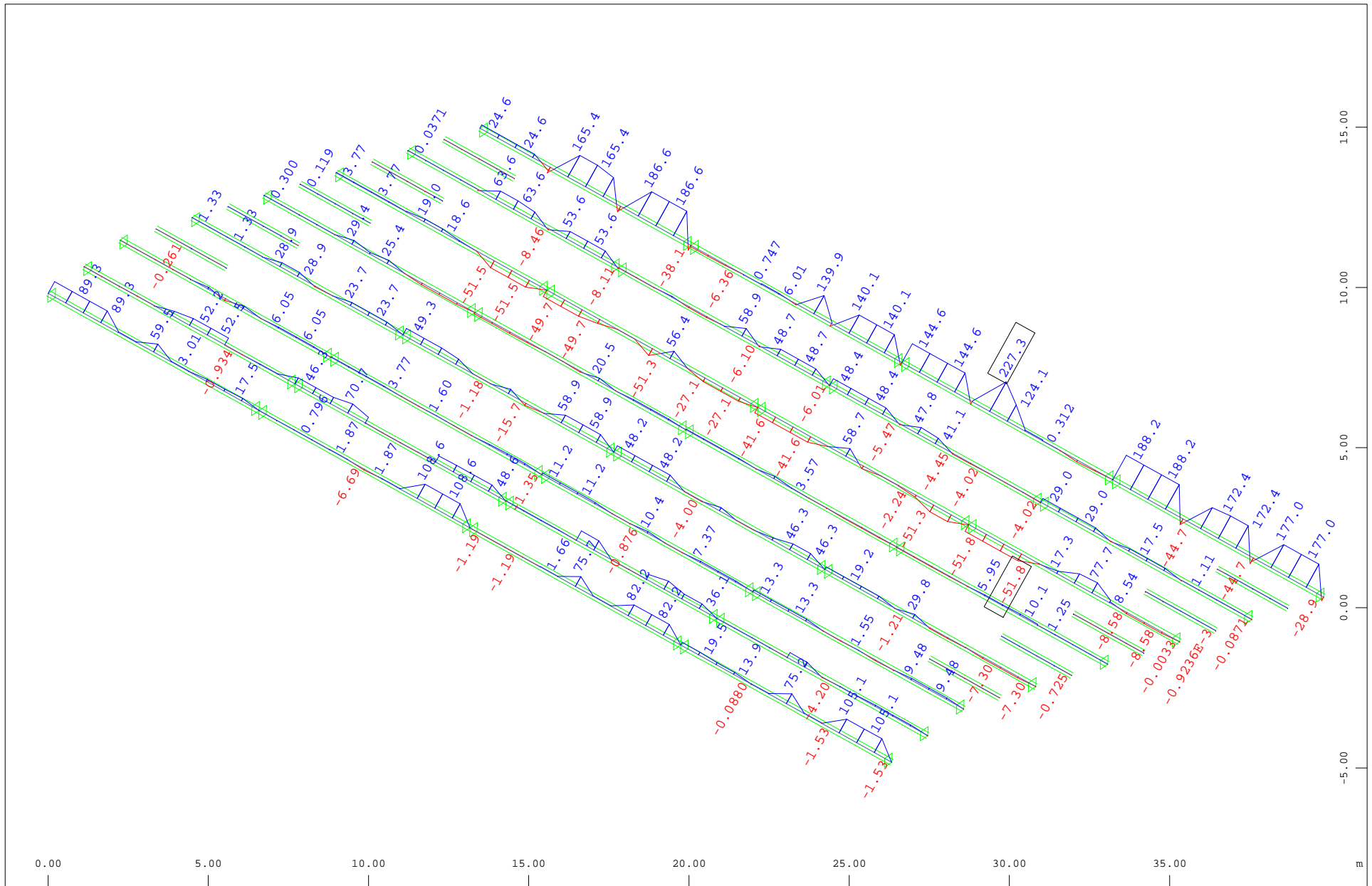


z Sector of system Group 125

Beam Elements , Bending moment  $M_z$ , Loadcase 109129 MAX-MY BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 0.361 kNm (Min=-0.336) (Max=0.383)

M 1 : 168

x \* 0.502  
y \* 0.906  
z \* 0.962

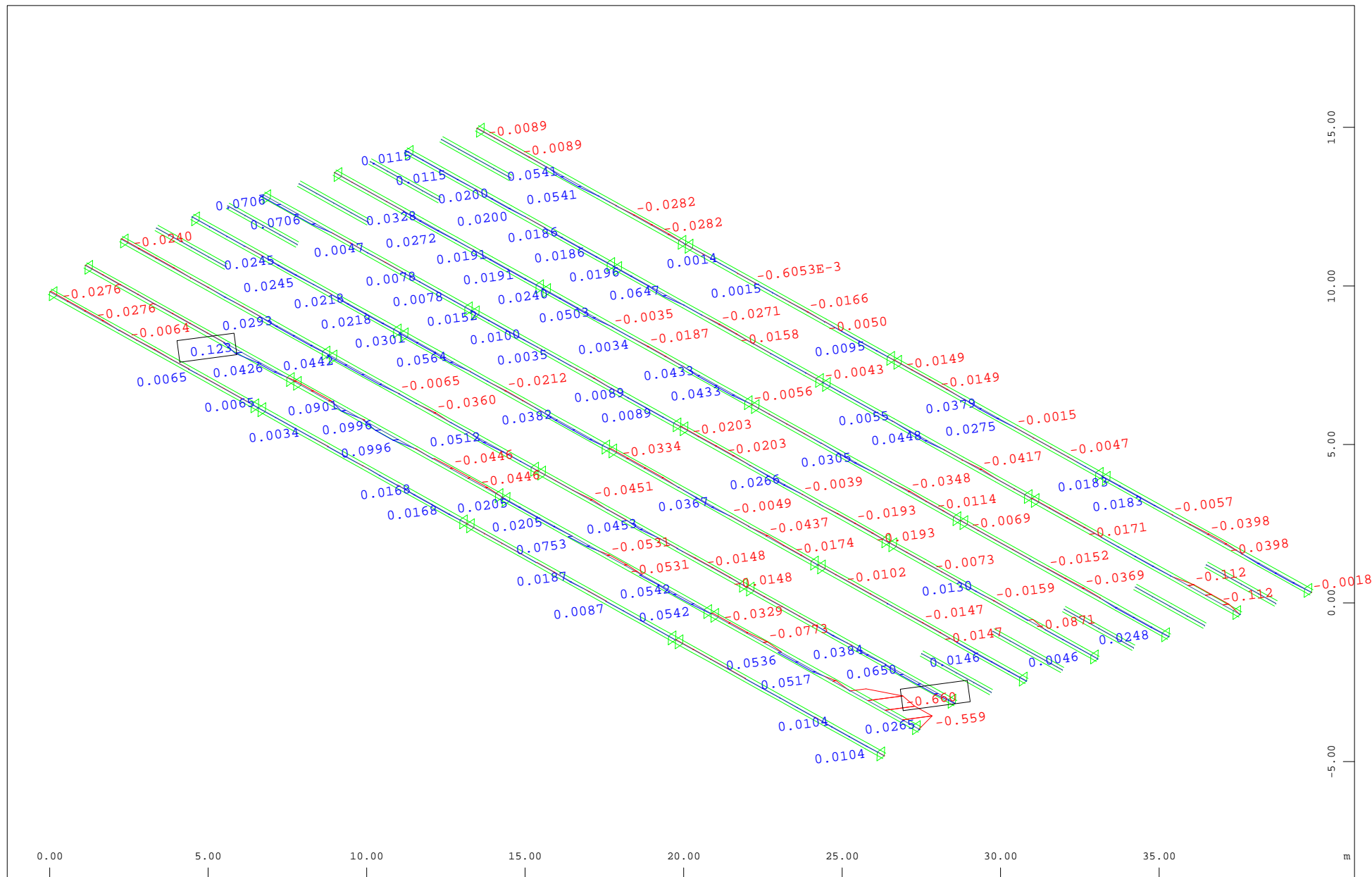


z Sector of system Group 125

Y Beam Elements , Normal force  $N_x$ , Loadcase 109130 MIN-MY BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 360.9 kN (Min=-51.8) (Max=227.3)

M 1 : 168

X \* 0.502  
Y \* 0.906  
Z \* 0.962

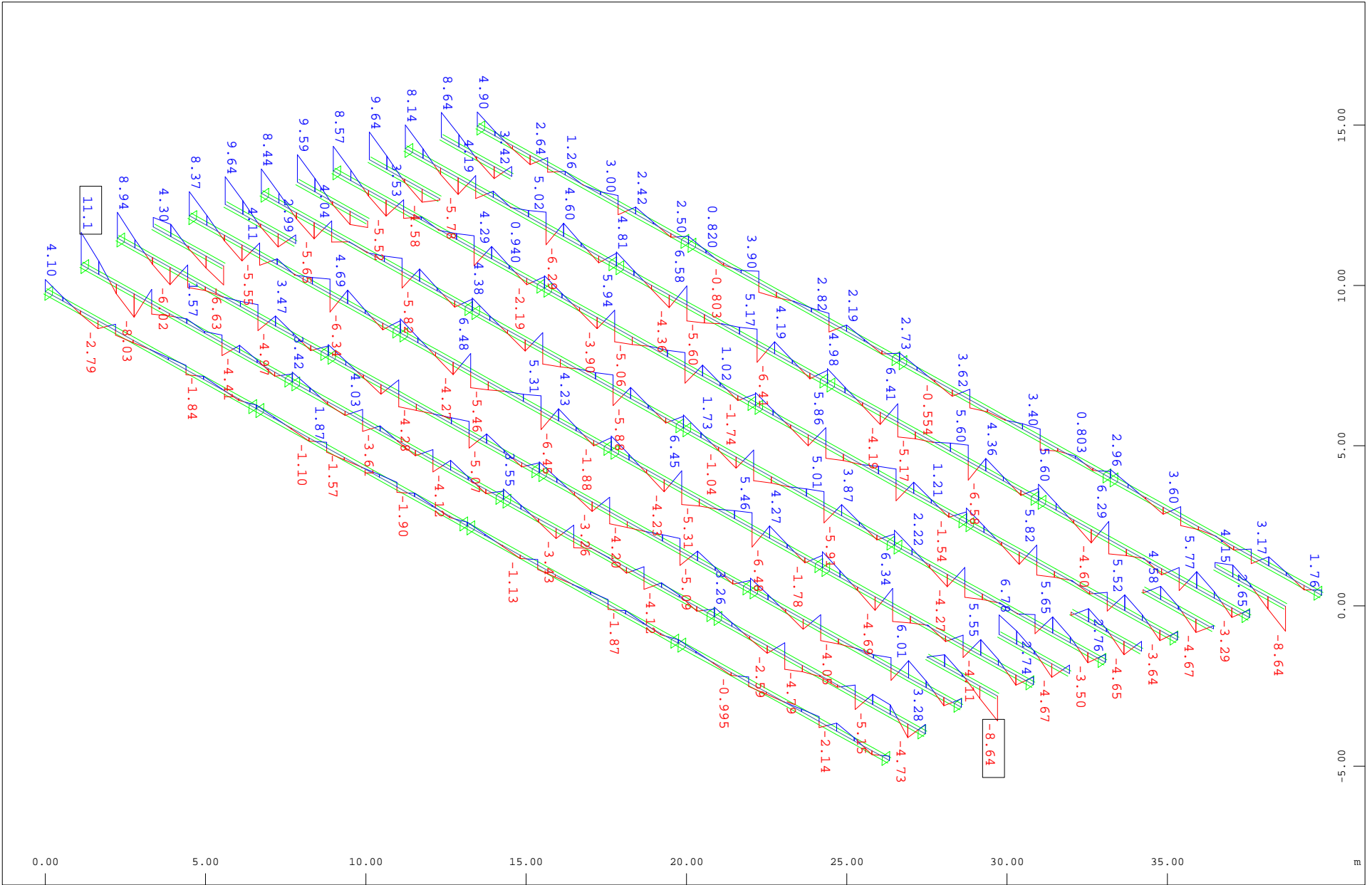


Sector of system Group 125

Beam Elements , Shear force  $V_y$ , Loadcase 109130 MIN-MY BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 0.902 kN (Min=-0.660) (Max=0.123)

M 1 : 168

X \* 0.502  
Y \* 0.906  
Z \* 0.962

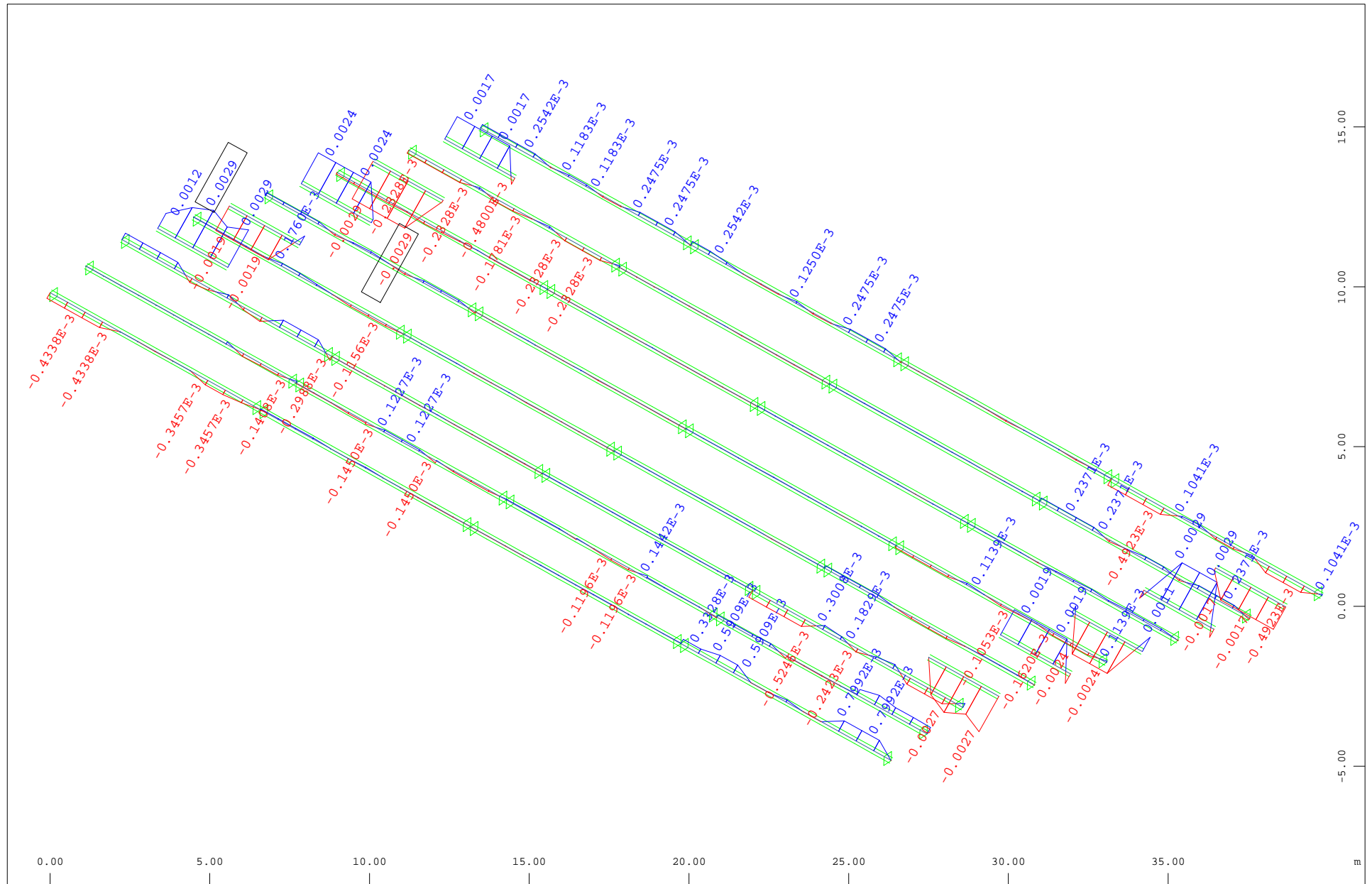


Sector of system Group 125

Beam Elements , Shear force  $V_z$ , Loadcase 109130 MIN-MY BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 18.0 kN (Min=-8.64) (Max=11.1)

M 1 : 168

X \* 0.502  
Y \* 0.906  
Z \* 0.962



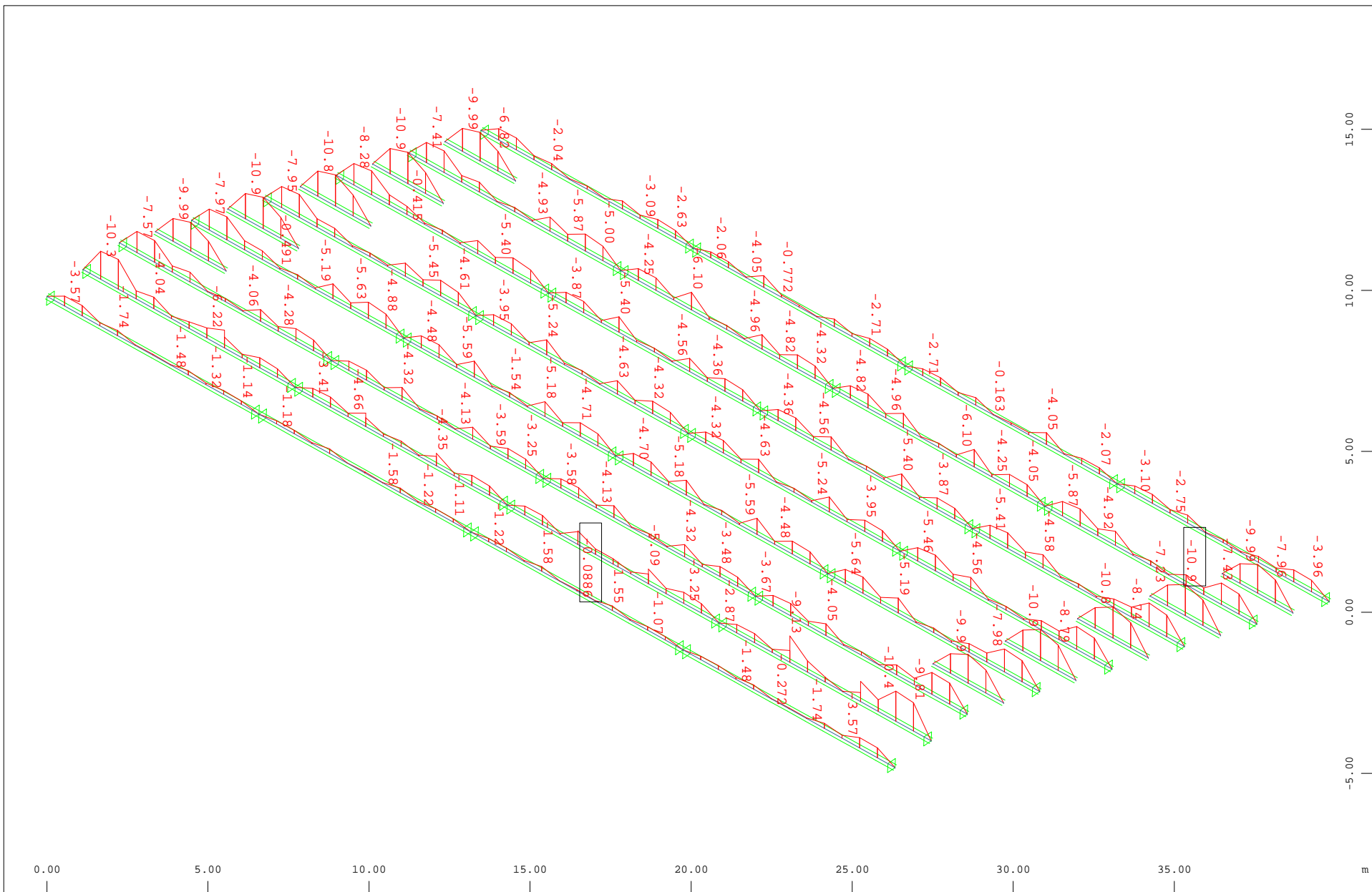
z Sector of system Group 125

x Beam Elements , Torsional moment Mt, Loadcase 109130 MIN-MY BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 0.0036 kNm (Min=-0.0029) (Max=0.0029)

M 1 : 168

x \* 0.502  
y \* 0.906  
z \* 0.962





Sector of system Group 125

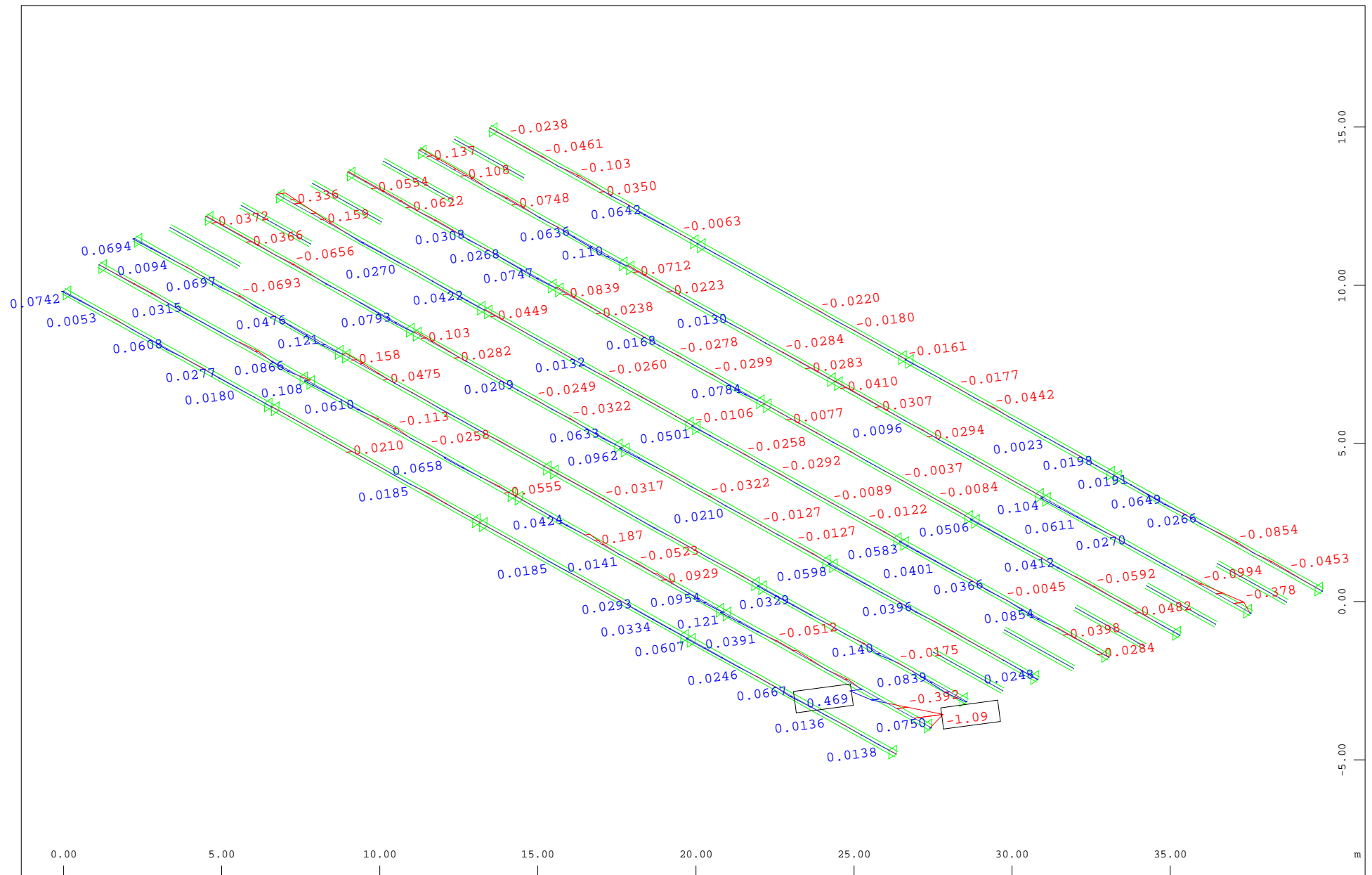
Beam Elements , Bending moment  $M_y$ , Loadcase 109130 MIN-MY BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 18.0 kNm (Min=-10.9) (Max= 1.4988e-15)

M 1 : 168

X \* 0.502

Y \* 0.906

Z \* 0.962

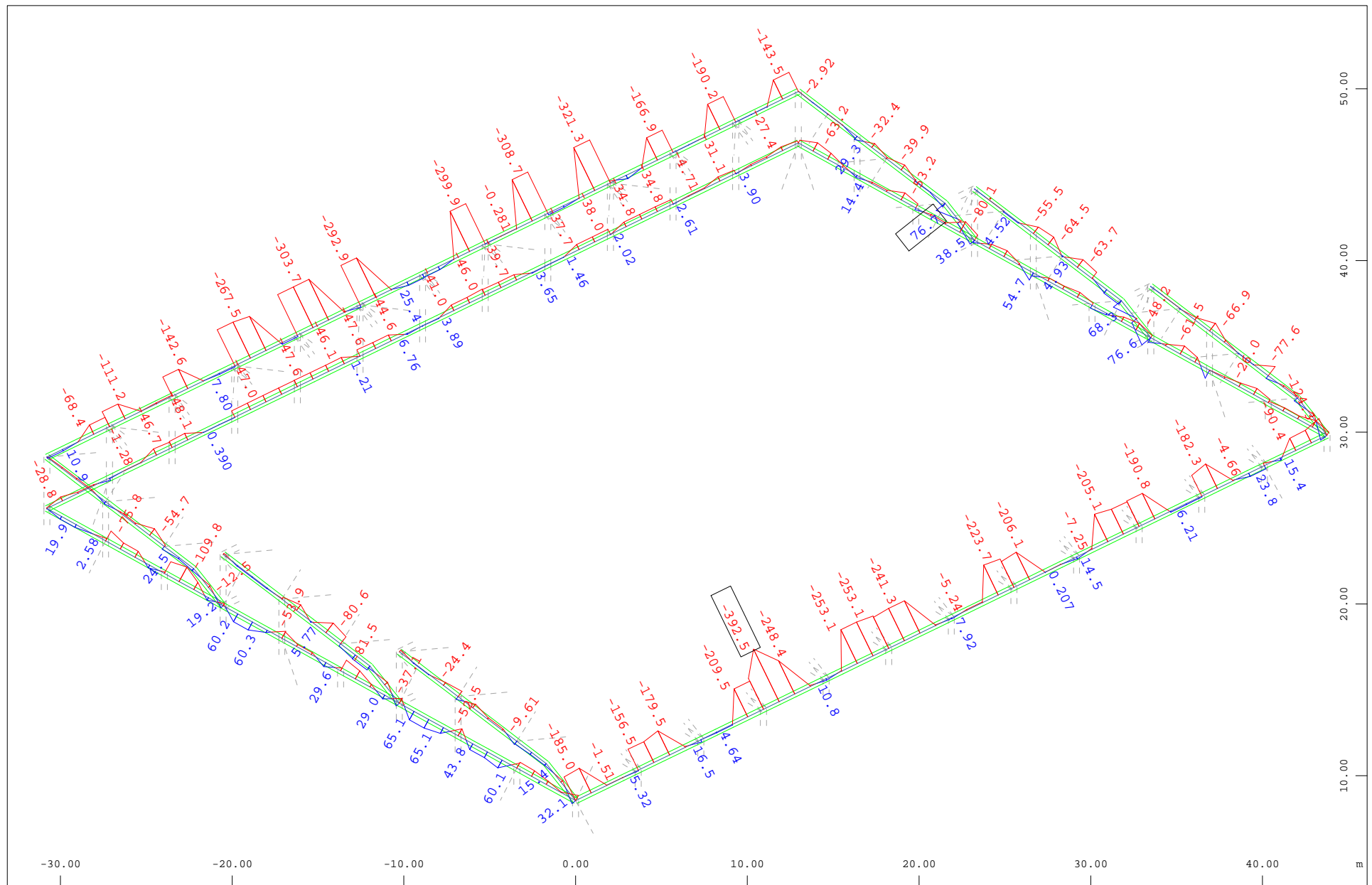


Sector of system Group 125

Beam Elements , Bending moment  $M_z$ , Loadcase 109130 MIN-MY BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 1.80 kNm (Min=-1.09) (Max=0.469)

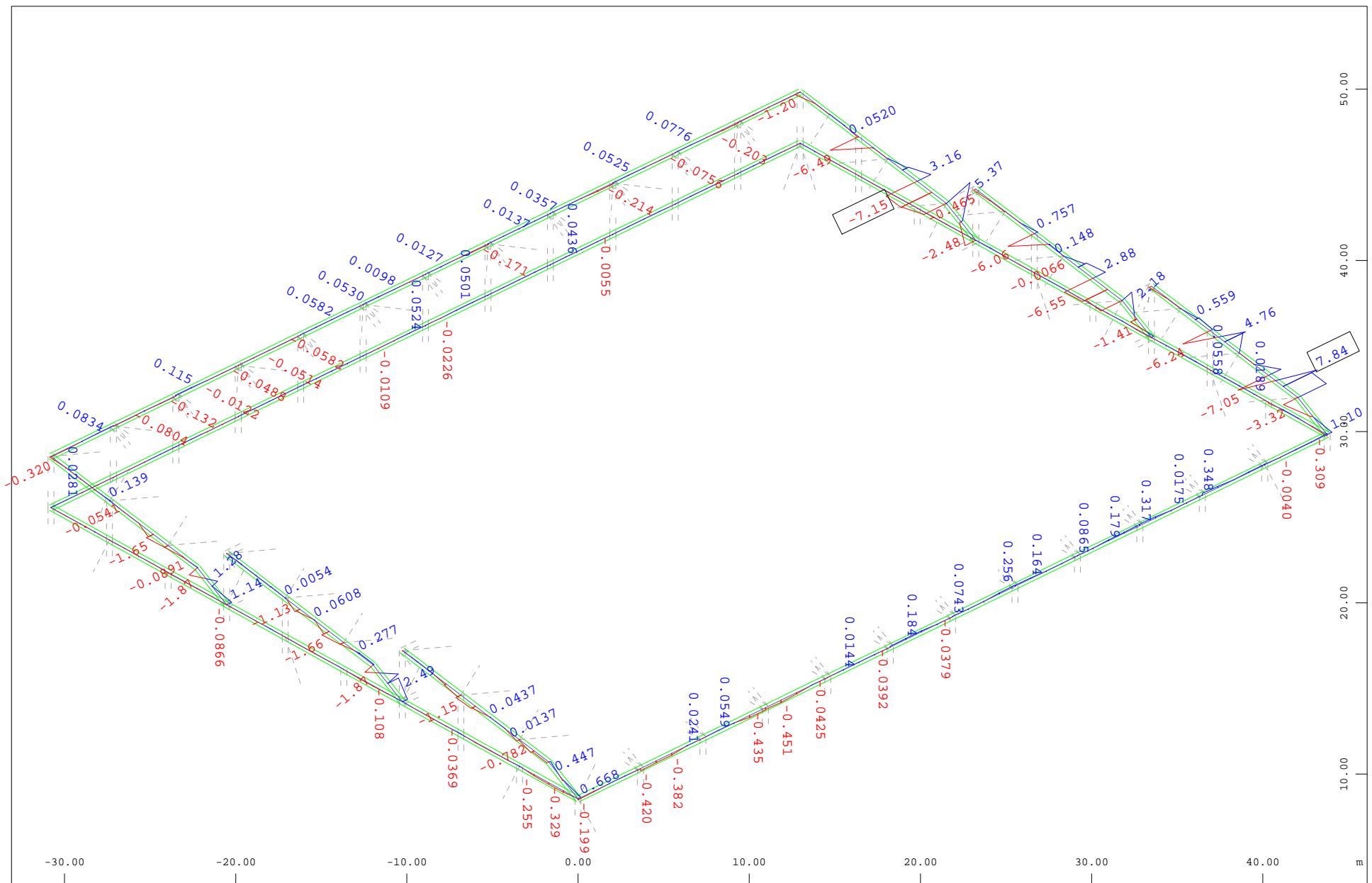
M 1 : 168

X \* 0.502  
Y \* 0.906  
Z \* 0.962



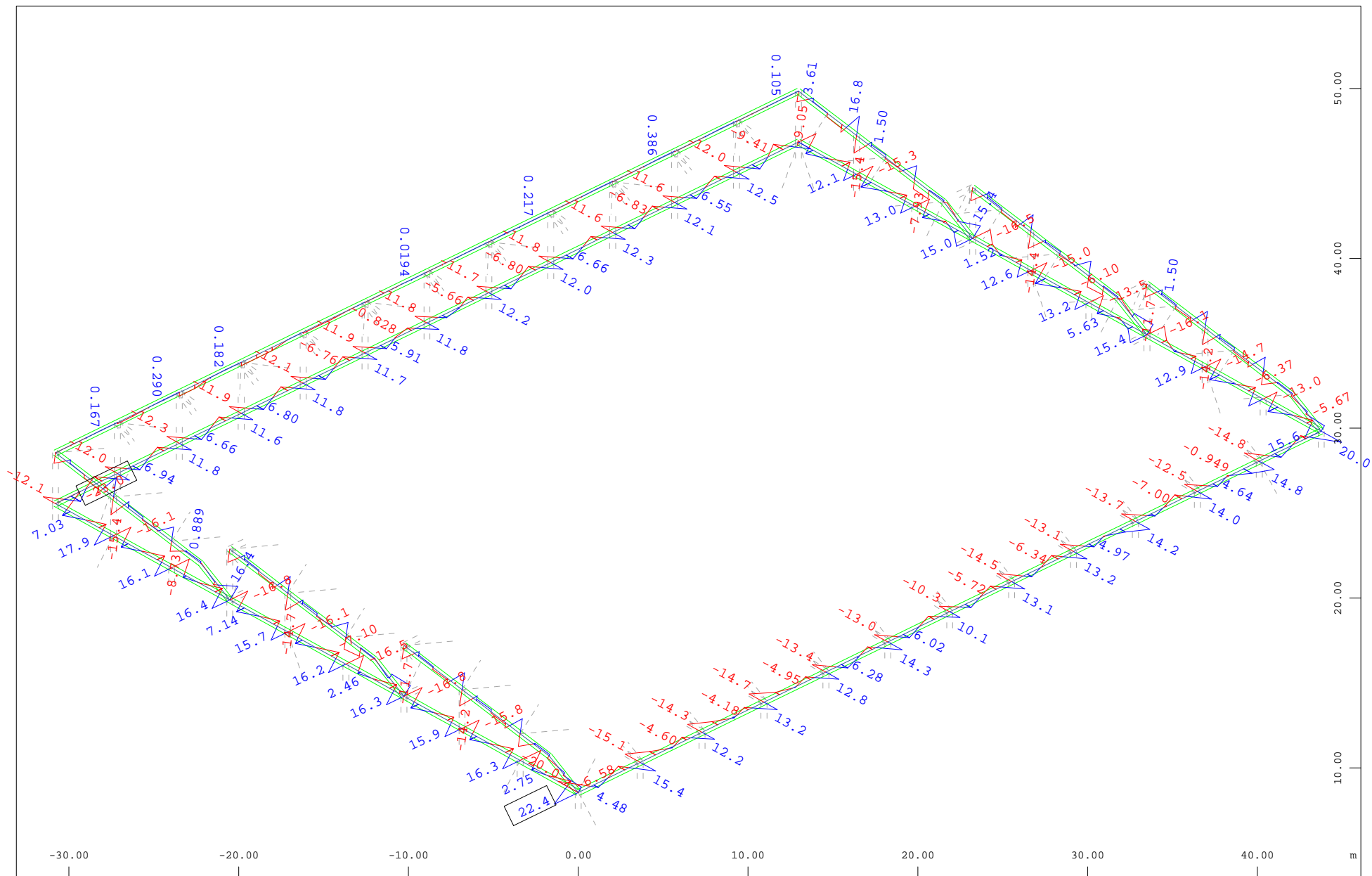
Sector of system Beam Elements Group 130 140 150...152  
 Beam Elements , Normal force  $N_x$ , Loadcase 109129 MAX-MY BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 360.9 kN (Min=-392.5) (Max=76.7)

M 1 : 313  
 X \* 0.811  
 Y \* 0.782  
 Z \* 0.855



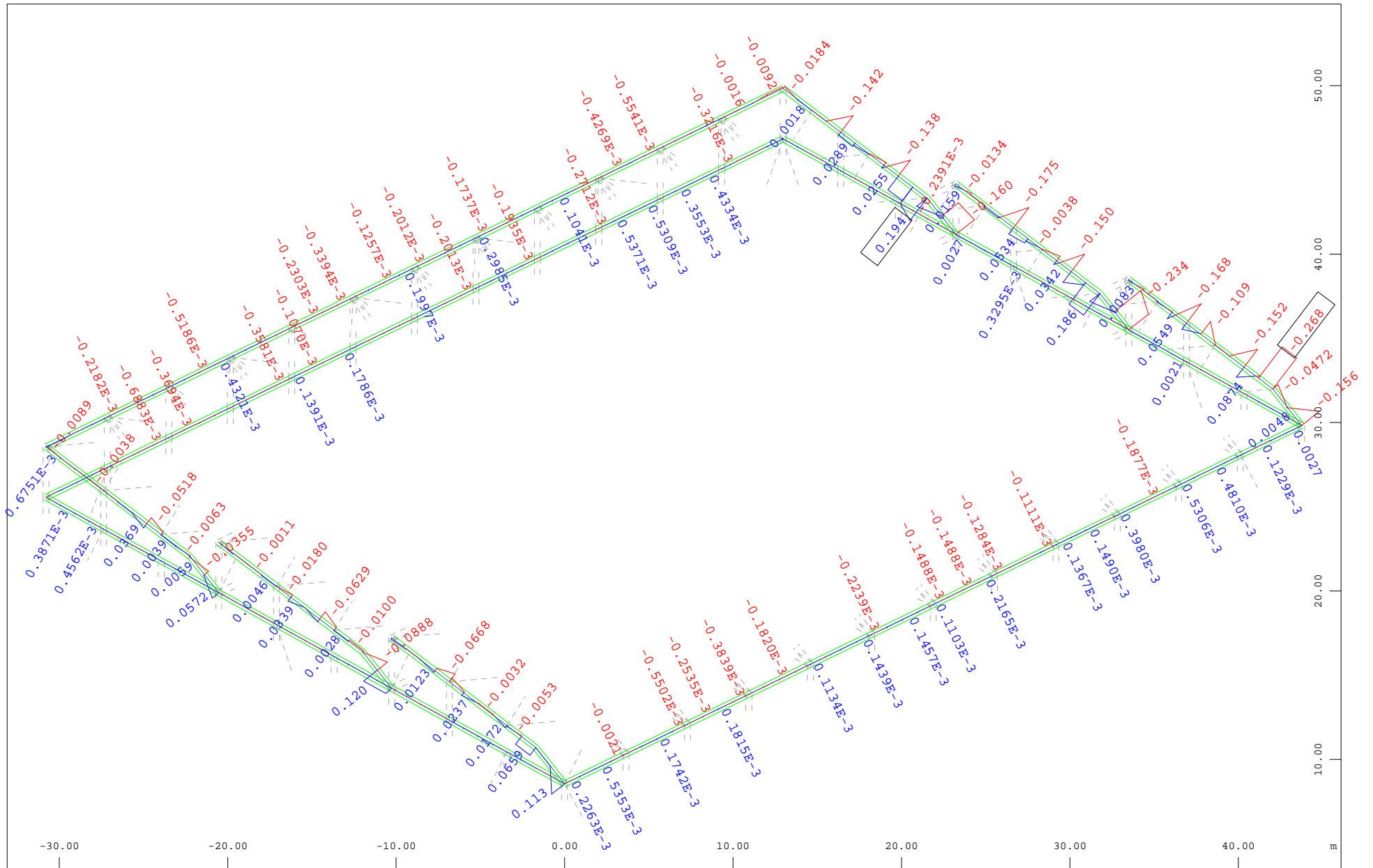
Sector of system Beam Elements Group 130 140 150...152  
 Beam Elements , Shear force Vy, Loadcase 109129 MAX-MY BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 9.02 kN (Min=-7.15) (Max=7.84)

M 1 : 313  
 X \* 0.811  
 Y \* 0.782  
 Z \* 0.855



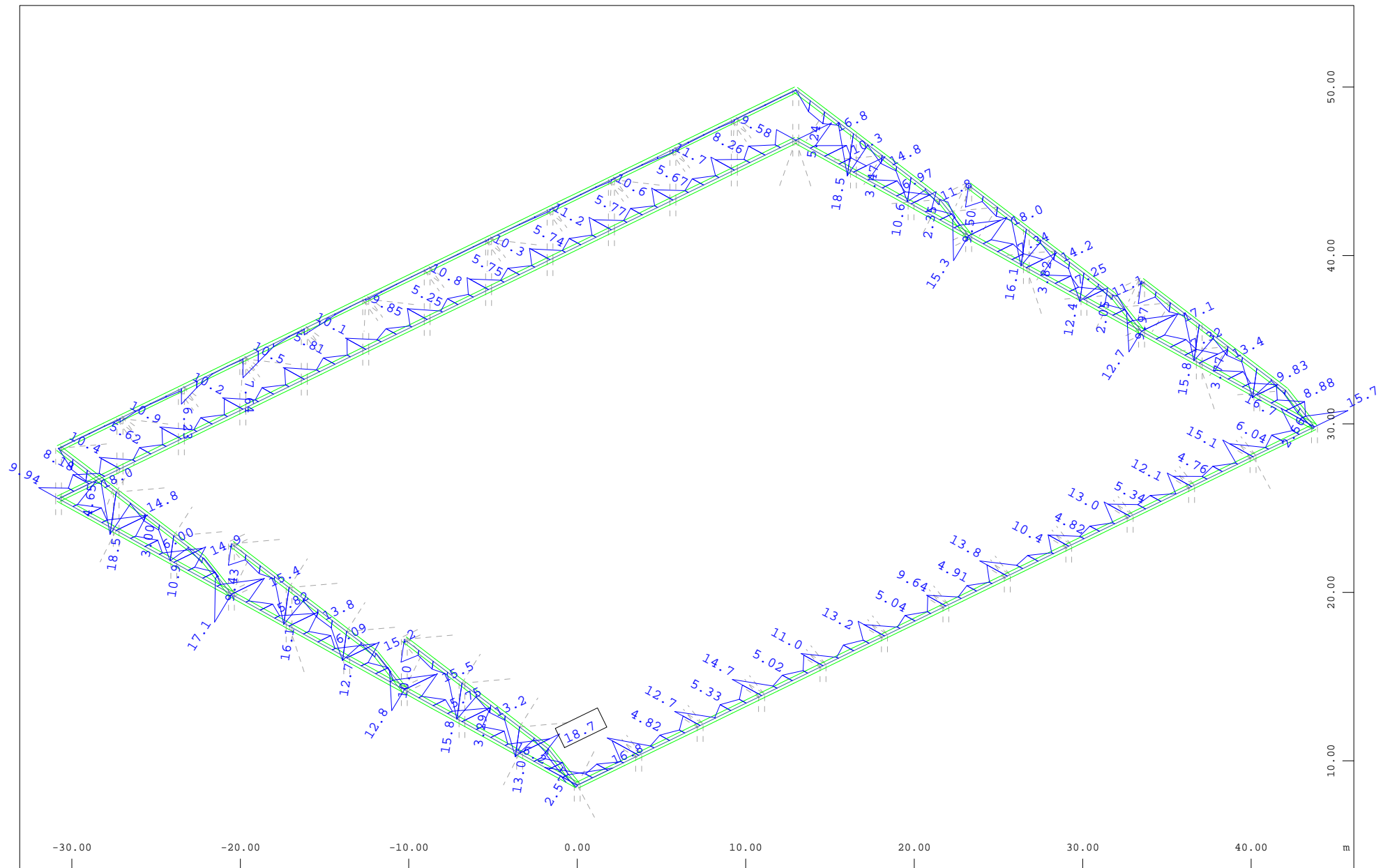
Sector of system Beam Elements Group 130 140 150...152  
 Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 109129 MAX-MY BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 36.1 kN (Min=-23.0) (Max=22.4)

M 1 : 313  
 X \* 0.811  
 Y \* 0.782  
 Z \* 0.855



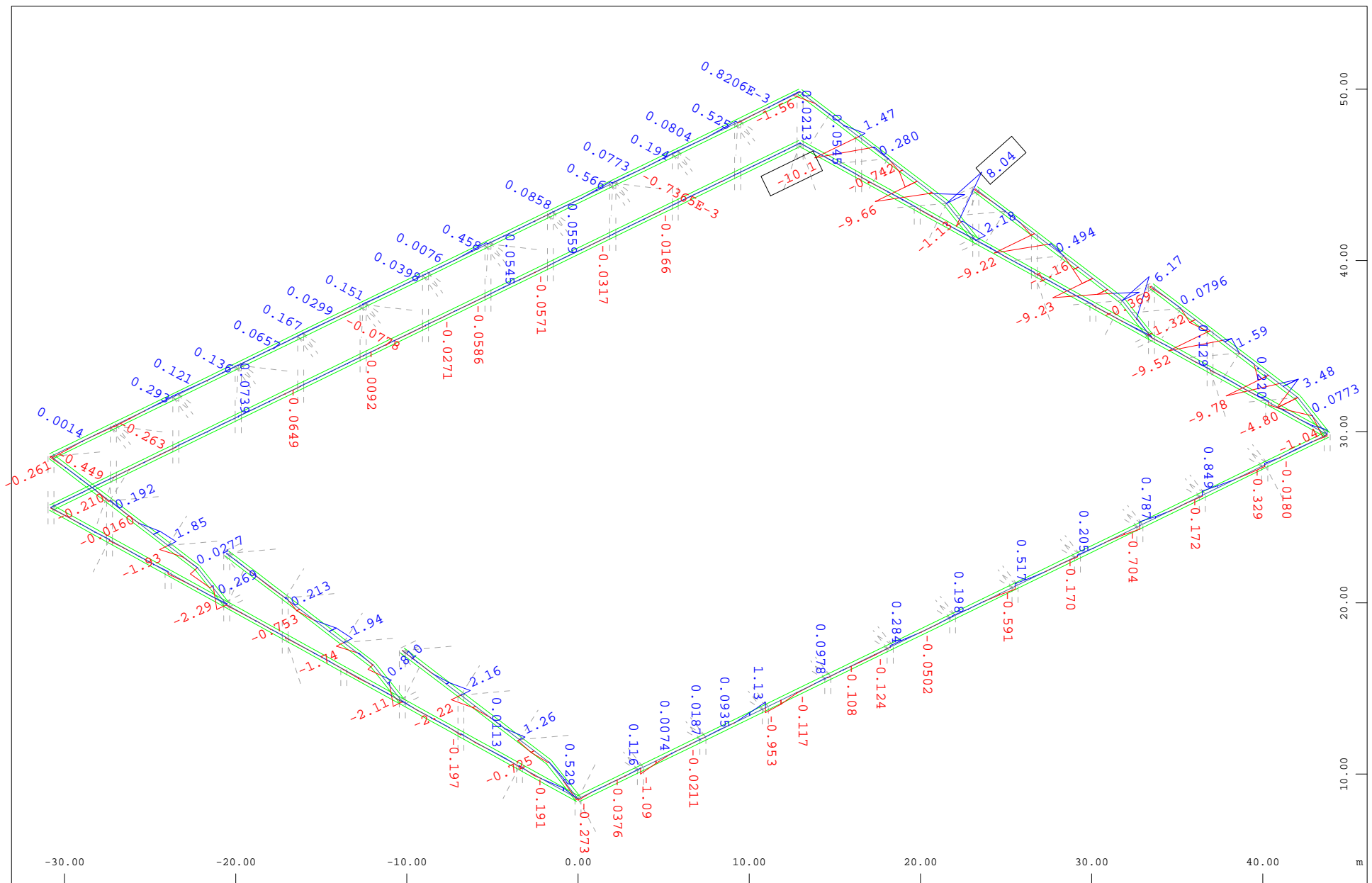
Sector of system Beam Elements Group 130 140 150...152  
 Beam Elements , Torsional moment Mt, Loadcase 109129 MAX-MY BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 0.361 kNm (Min=-0.268) (Max=0.194)

M 1 : 313  
 X \* 0.811  
 Y \* 0.782  
 Z \* 0.855



Sector of system Beam Elements Group 130 140 150...152  
 Beam Elements , Bending moment  $M_y$ , Loadcase 109129 MAX-MY BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 18.0 kNm (Max=18.7)

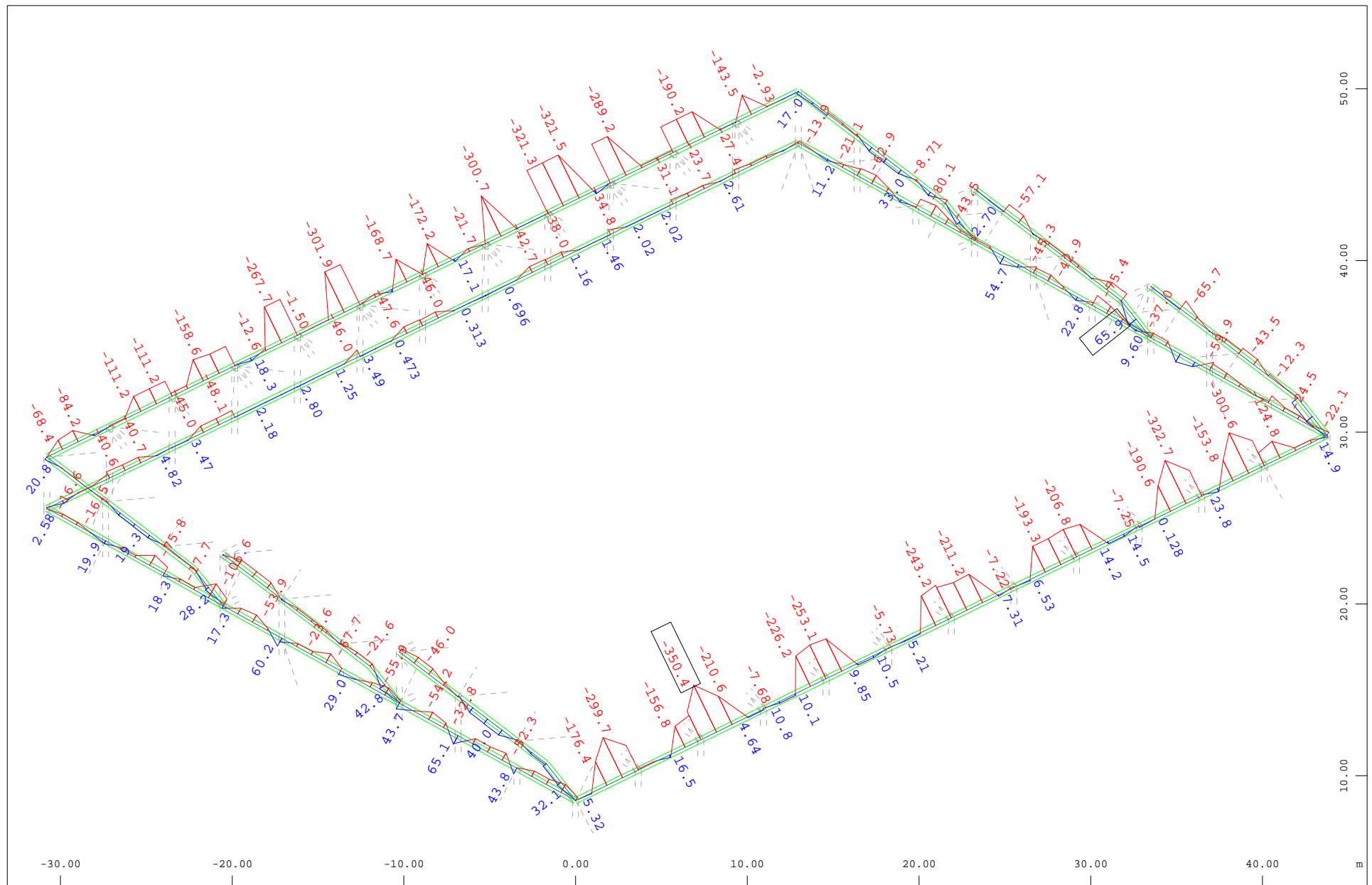
M 1 : 313  
 X \* 0.811  
 Y \* 0.782  
 Z \* 0.855



Sector of system Beam Elements Group 130 140 150...152  
 Beam Elements , Bending moment Mz, Loadcase 109129 MAX-MY BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 9.02 kNm (Min=-10.1) (Max=8.04)

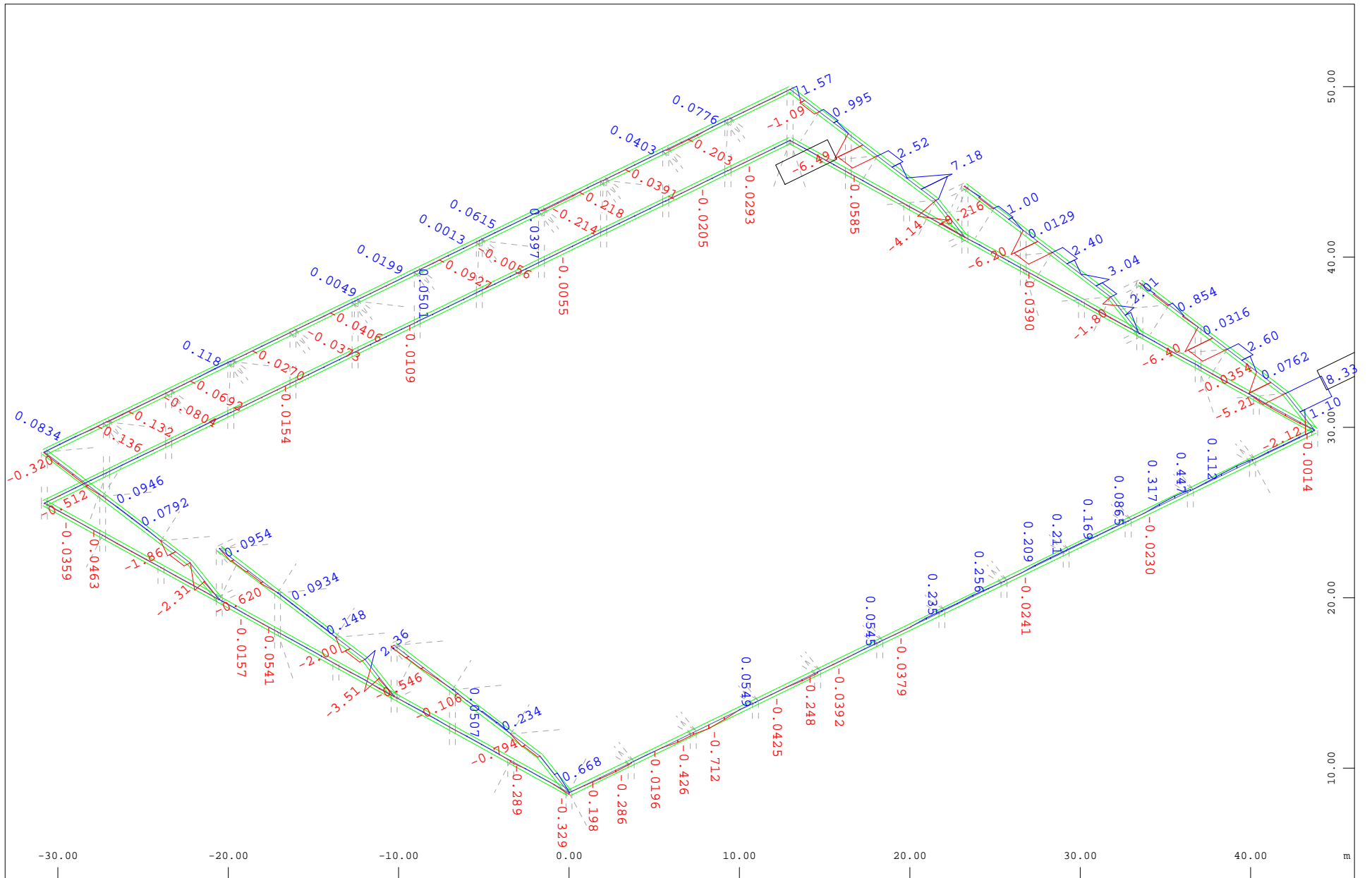
M 1 : 313  
 X \* 0.811  
 Y \* 0.782  
 Z \* 0.855





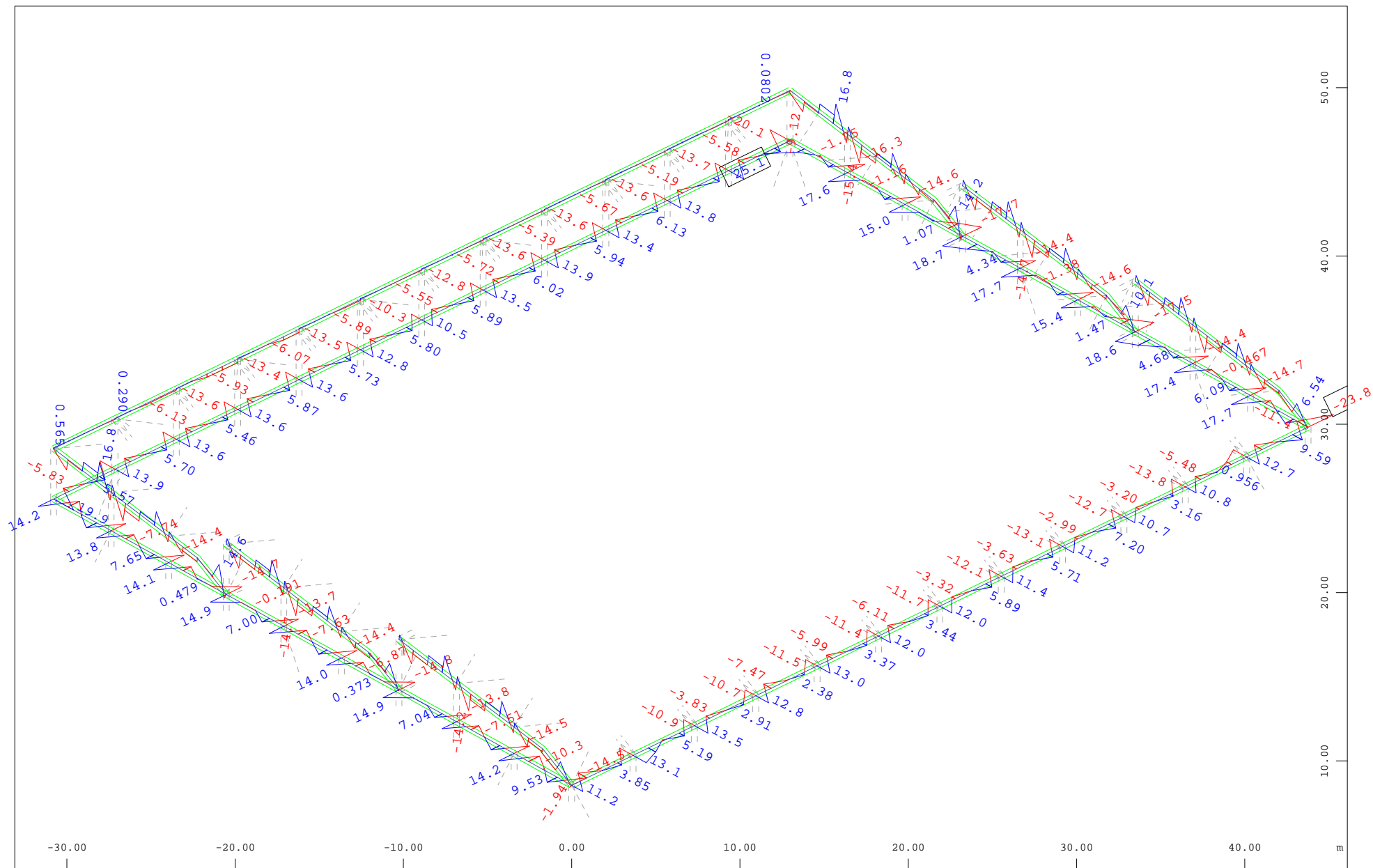
Sector of system Beam Elements Group 130 140 150...152  
 Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 109130 MIN-MY BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 360.9 kN (Min=-350.4) (Max=65.9)

M 1 : 313  
 X \* 0.811  
 Y \* 0.782  
 Z \* 0.855



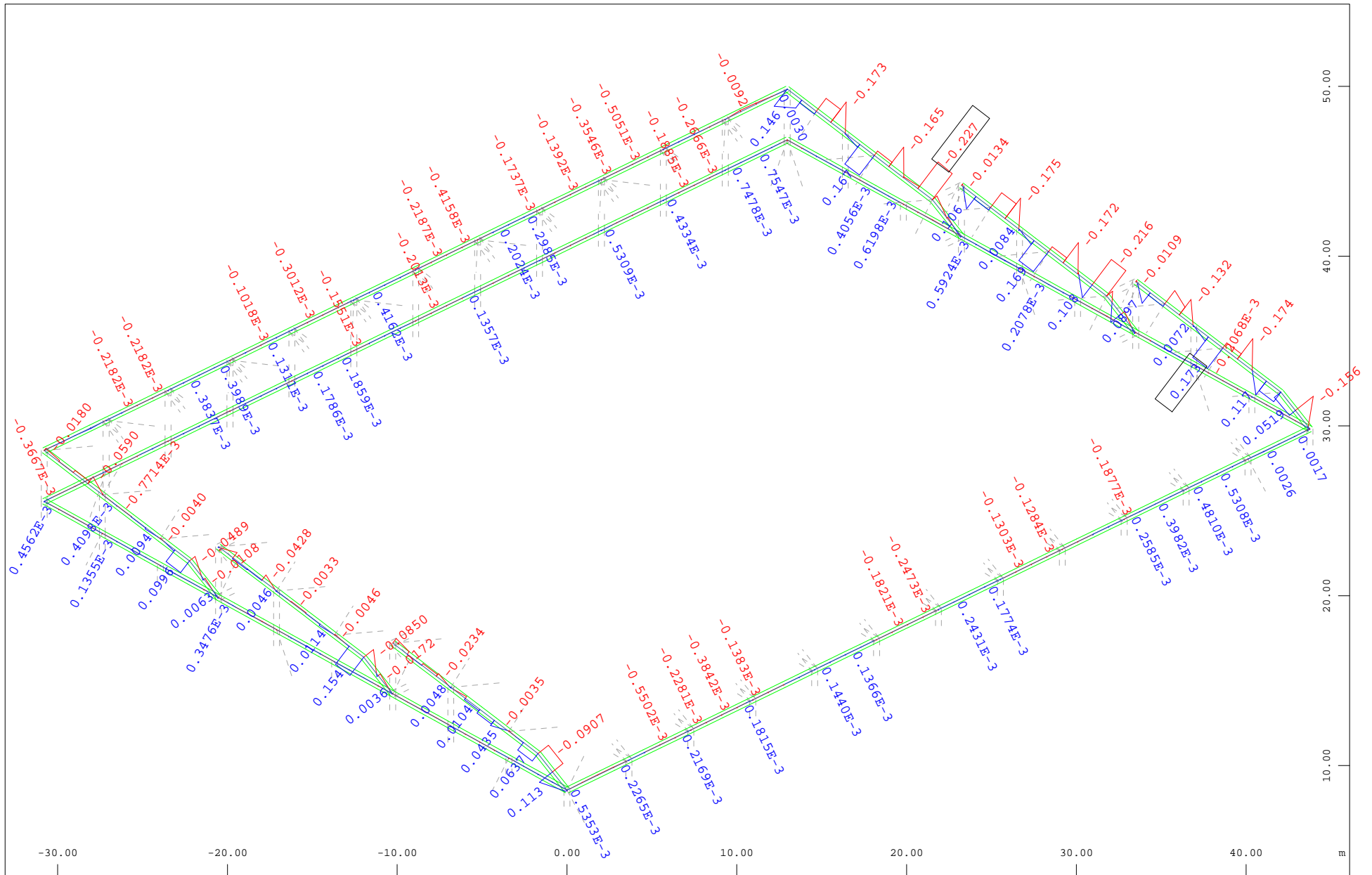
Sector of system Beam Elements Group 130 140 150...152  
 Beam Elements , Shear force Vy, Loadcase 109130 MIN-MY BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 9.02 kN (Min=-6.49) (Max=8.33)

M 1 : 313  
 X \* 0.811  
 Y \* 0.782  
 Z \* 0.855



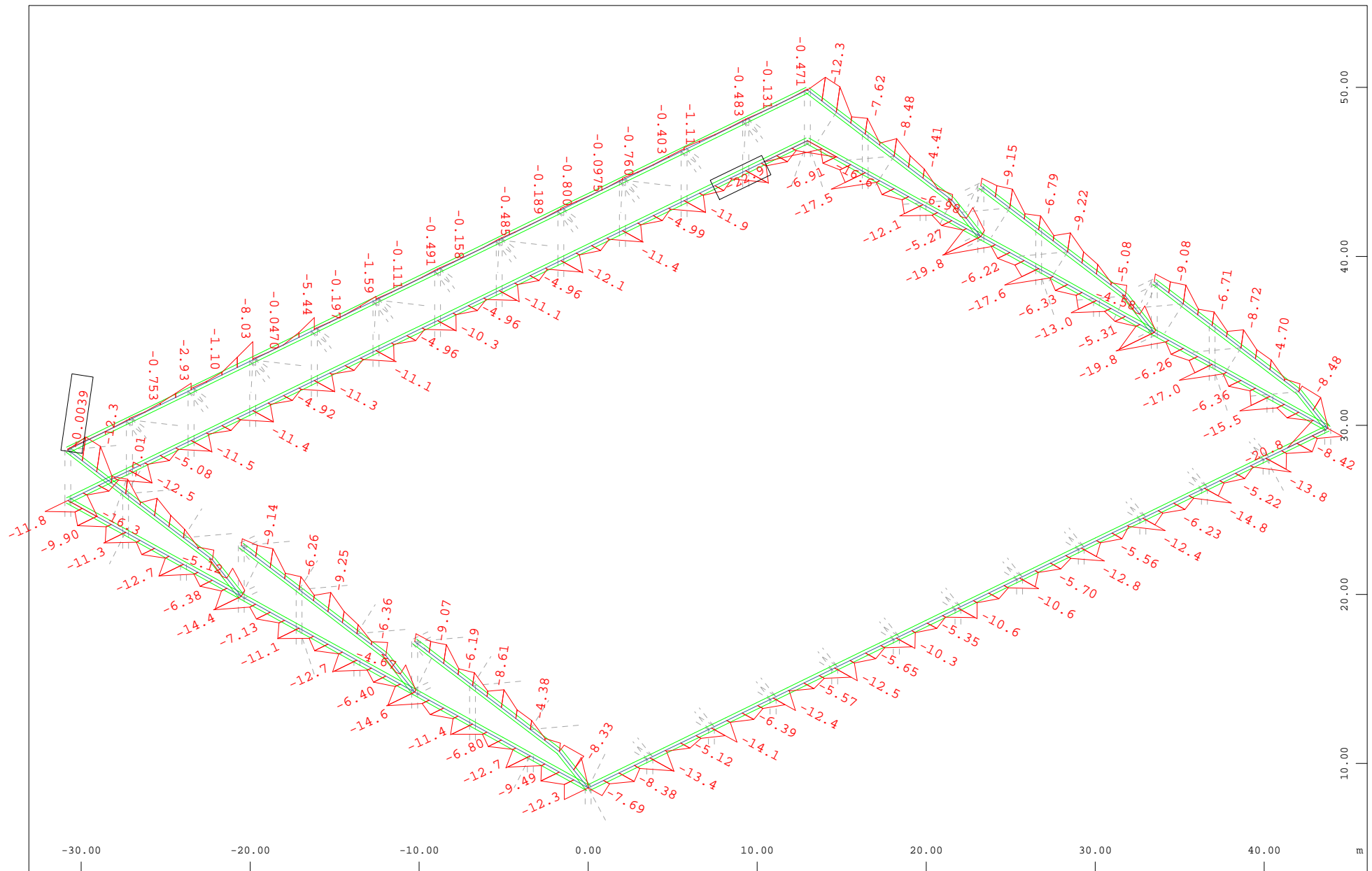
Sector of system Beam Elements Group 130 140 150...152  
 Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 109130 MIN-MY BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 36.1 kN (Min=-23.8) (Max=25.1)

M 1 : 313  
 X \* 0.811  
 Y \* 0.782  
 Z \* 0.855



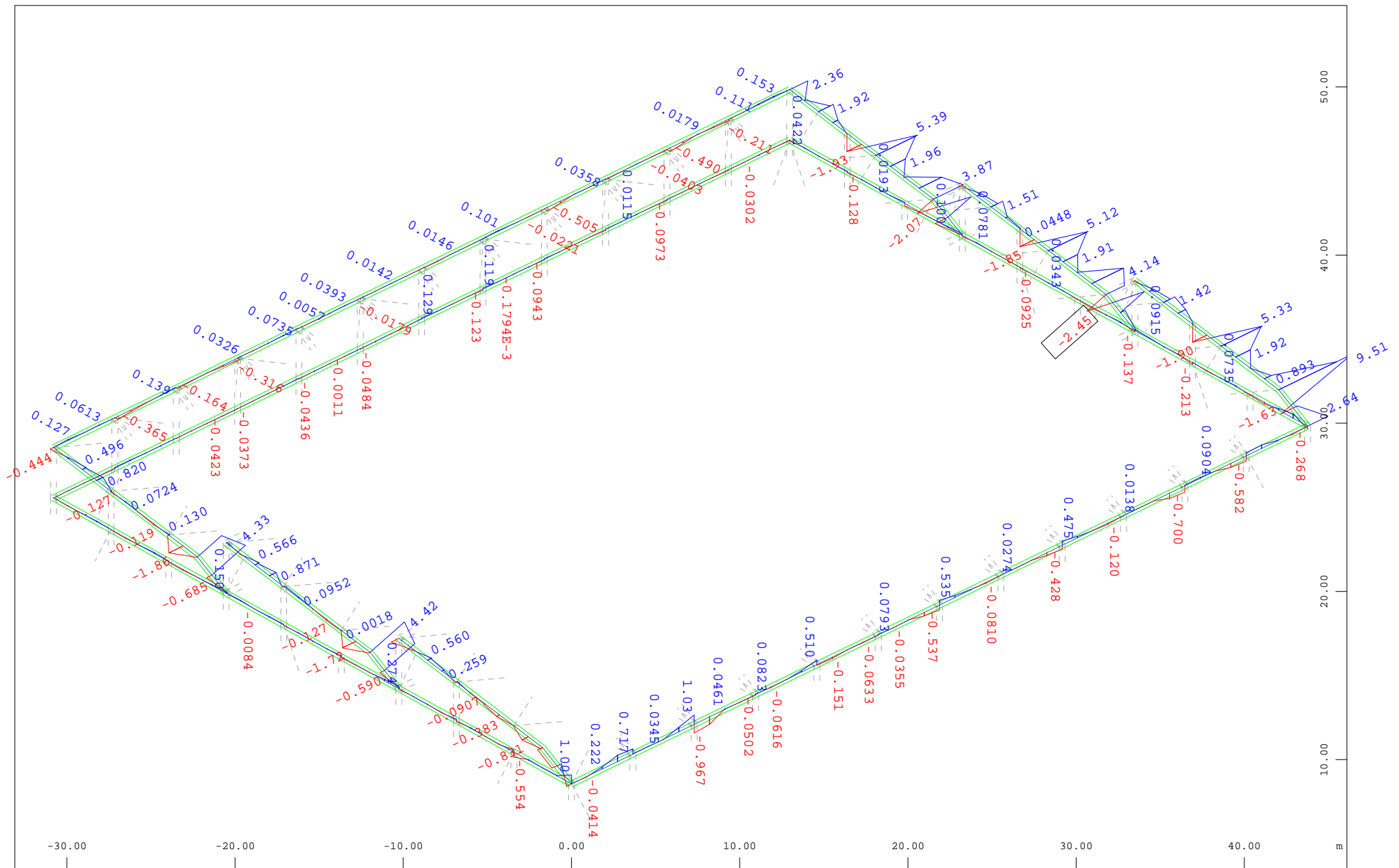
Sector of system Beam Elements Group 130 140 150...152  
 Beam Elements , Torsional moment Mt, Loadcase 109130 MIN-MY BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 0.361 kNm (Min=-0.227) (Max=0.173)

M 1 : 313  
 X \* 0.811  
 Y \* 0.782  
 Z \* 0.855



Sector of system Beam Elements Group 130 140 150...152  
 Beam Elements , Bending moment  $M_y$ , Loadcase 109130 MIN-MY BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 20.0 kNm (Min=-22.9) (Max=-0.0039)

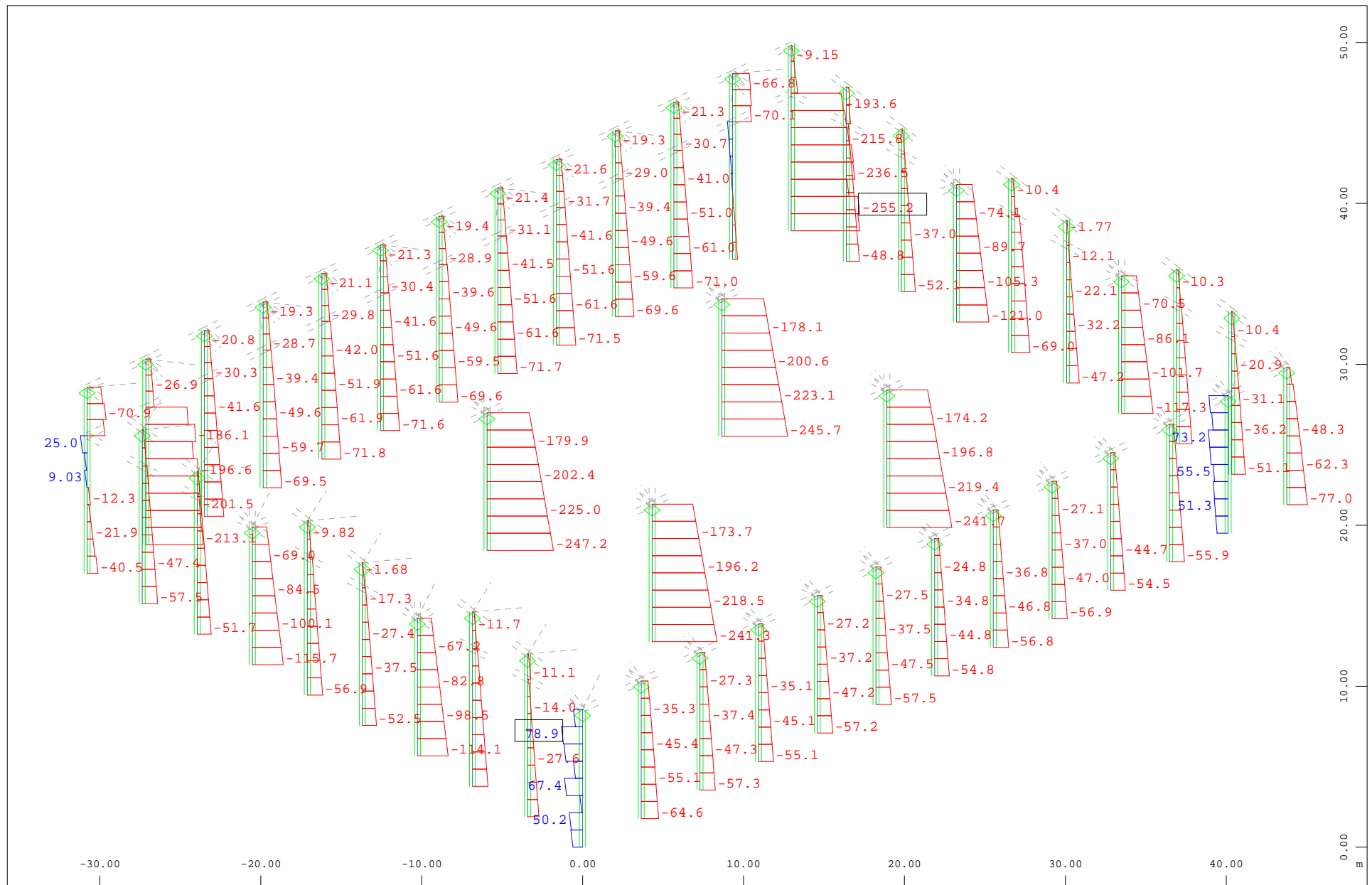
M 1 : 313  
 X \* 0.811  
 Y \* 0.782  
 Z \* 0.855



Sector of system Beam Elements Group 130 140 150...152  
 Beam Elements , Bending moment Mz, Loadcase 109130 MIN-MY BEAM Forces in Beam Eleme , 1 cm 3D = 5.00 kNm (Min=-2.45) (Max=9.51)

M 1 : 313  
 X \* 0.811  
 Y \* 0.782  
 Z \* 0.855

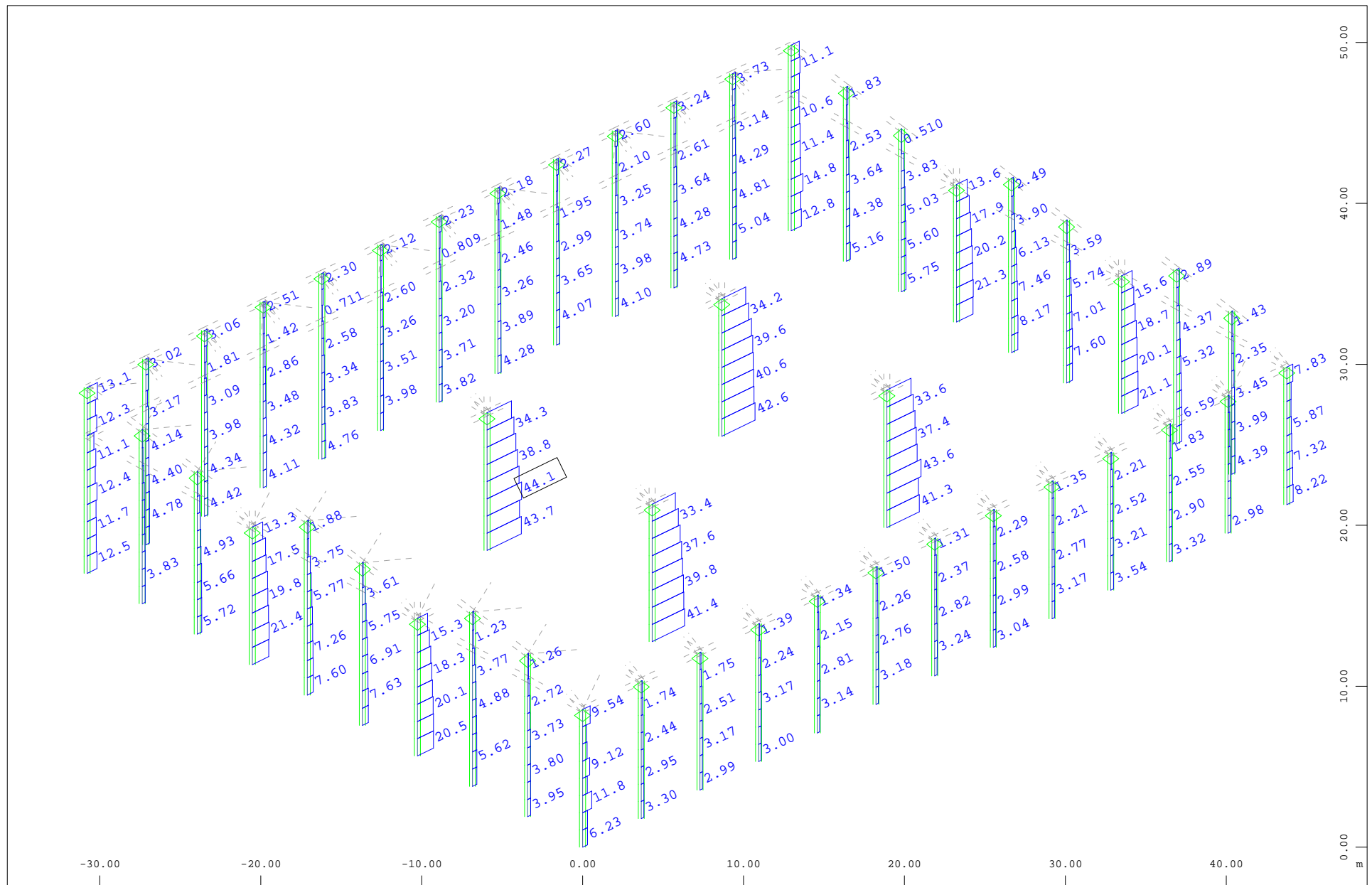
### **3.A9. ENVOLVENTE DE ESFUERZOS SITUACIÓN SISMICA**



Sector of system Beam Elements Group 1...10  
 Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 300123 MAXE-VY BEAM Forces in Beam Elem , 1 cm 3D = 200.0 kN (Min=-255.2) (Max=78.9)

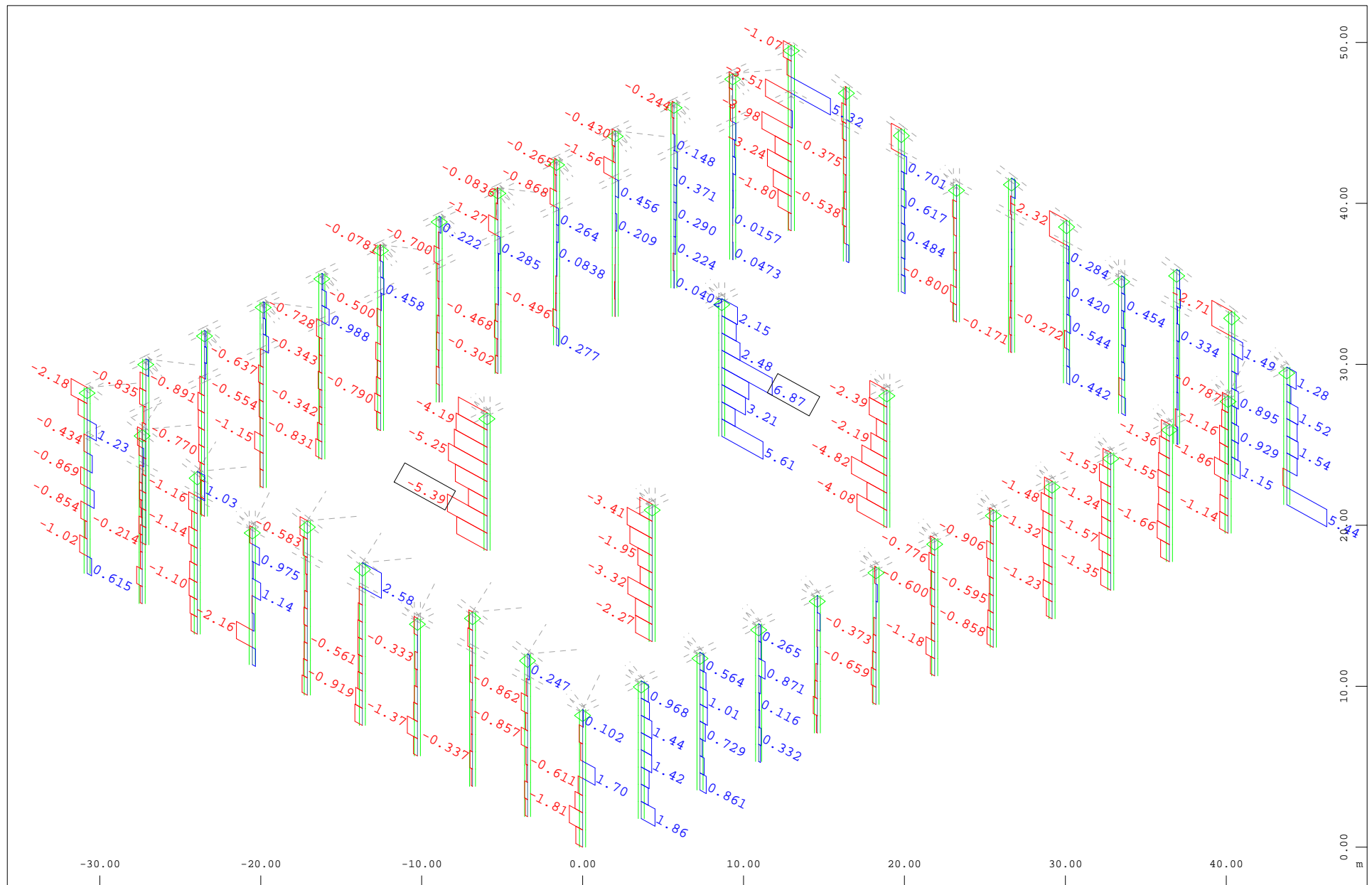
M 1 : 334  
 X \* 0.811  
 Y \* 0.782  
 Z \* 0.855





Sector of system Beam Elements Group 1...10  
 Beam Elements , Shear force Vy, Loadcase 300123 MAXE-VY BEAM Forces in Beam Elem , 1 cm 3D = 50.0 kN (Max=44.1)

M 1 : 334  
 X \* 0.811  
 Y \* 0.782  
 Z \* 0.855

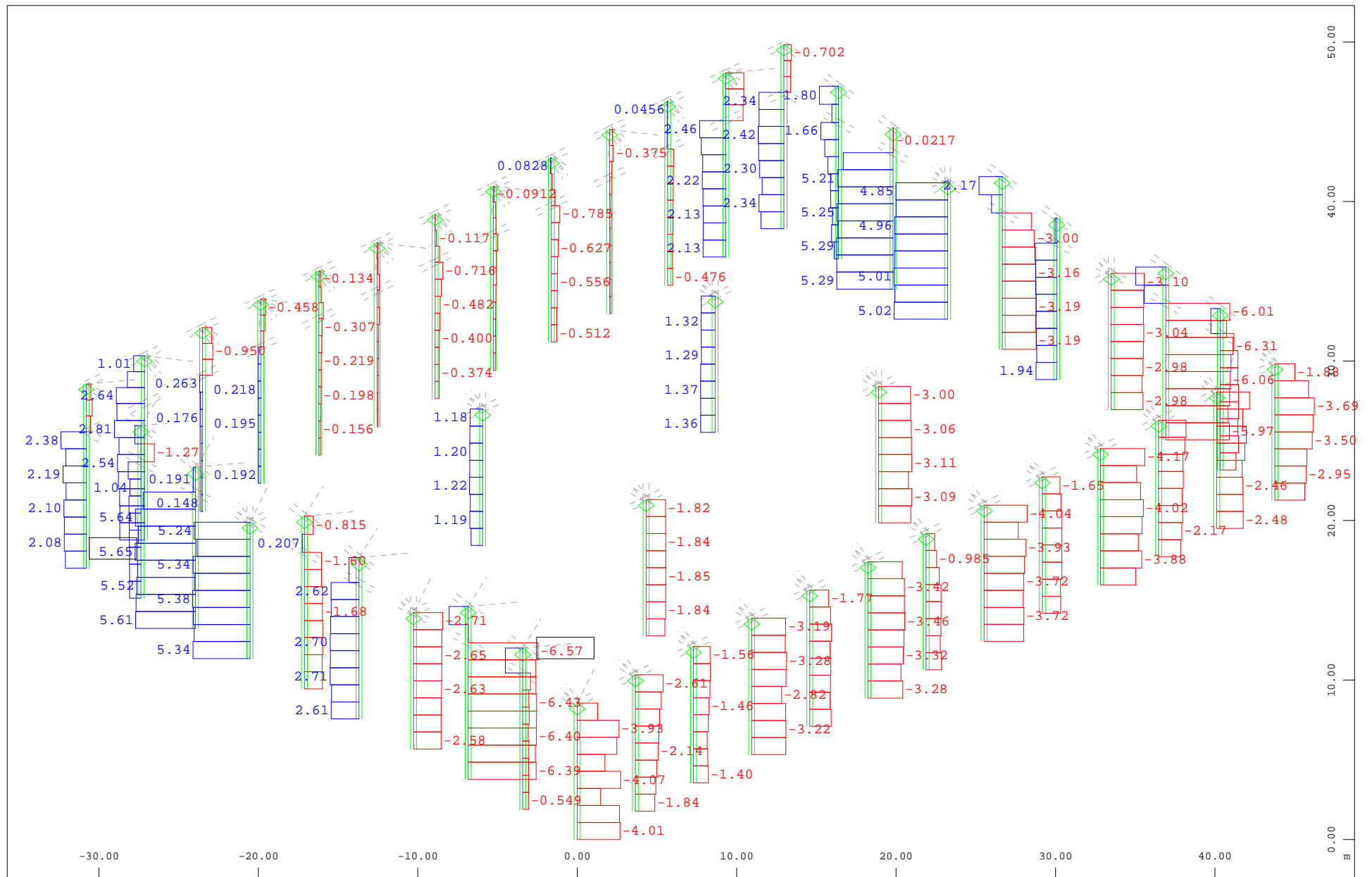


M 1 : 334

X \* 0.811

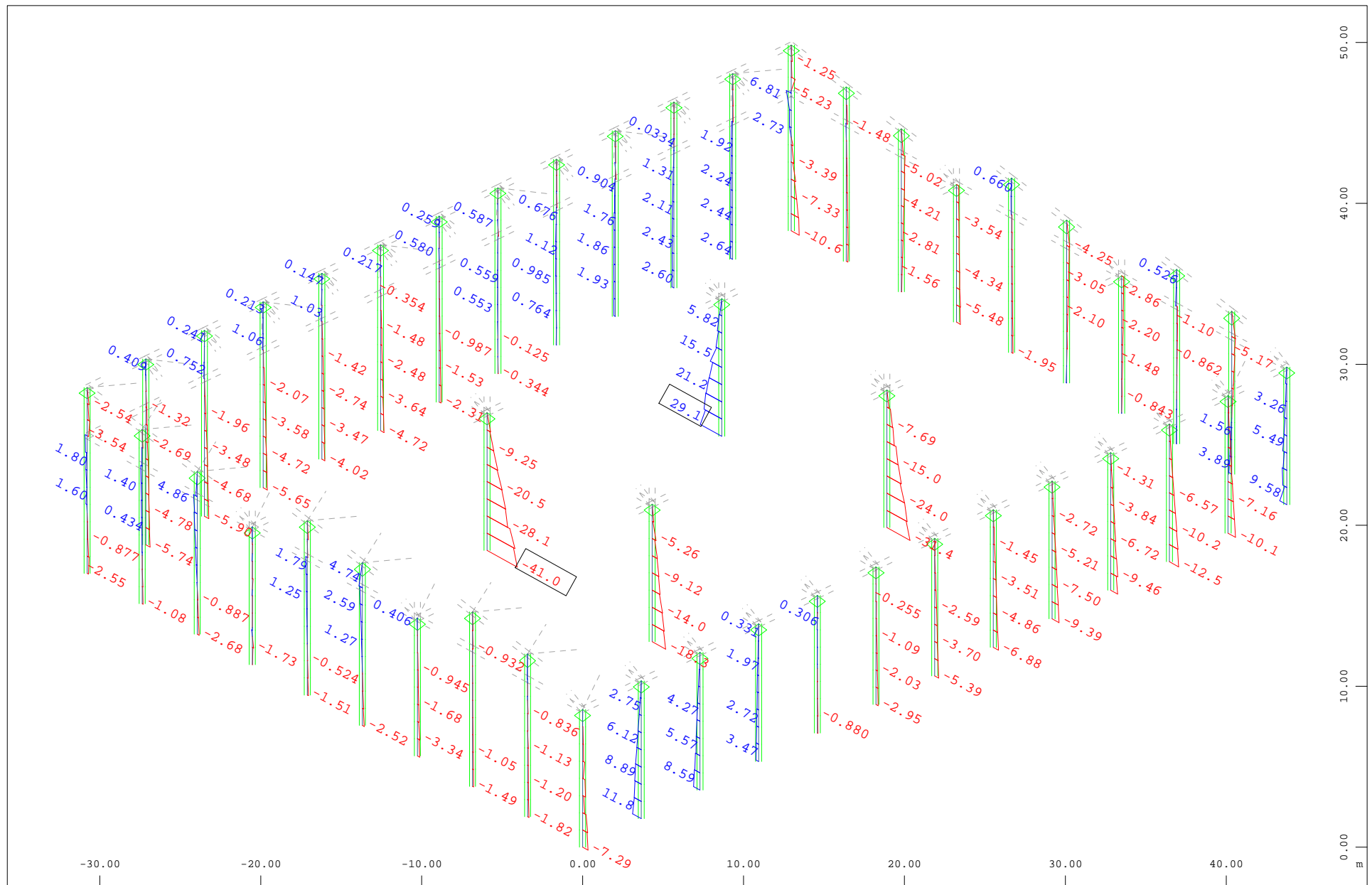
Y \* 0.782

Z \* 0.855



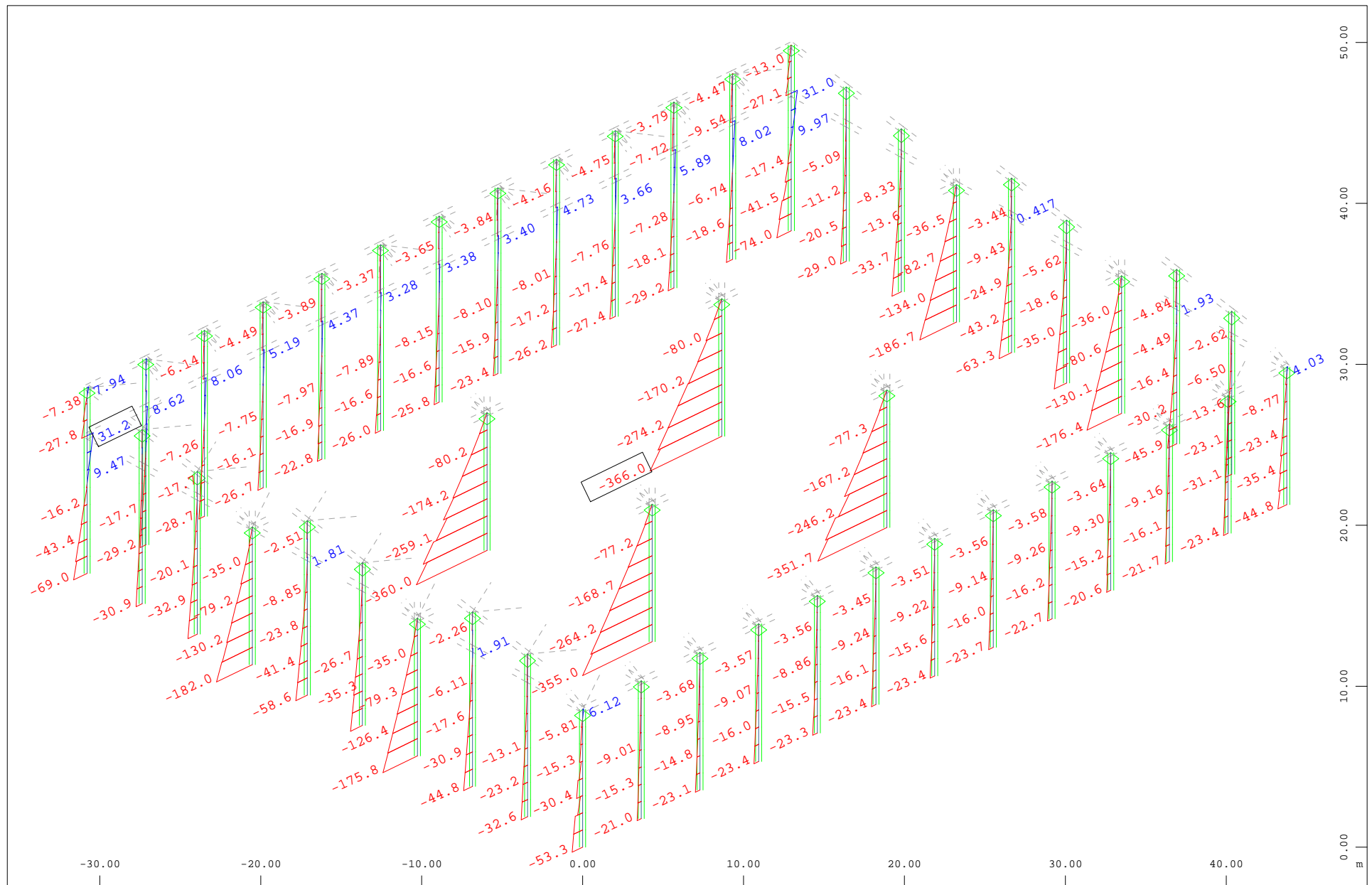
Sector of system Beam Elements Group 1...10  
 Beam Elements , Torsional moment Mt, Loadcase 300123 MAXE-VY BEAM Forces in Beam Elem , 1 cm 3D = 5.00 kNm (Min=-6.57) (Max=5.65)

M 1 : 334  
 X \* 0.811  
 Y \* 0.782  
 Z \* 0.855



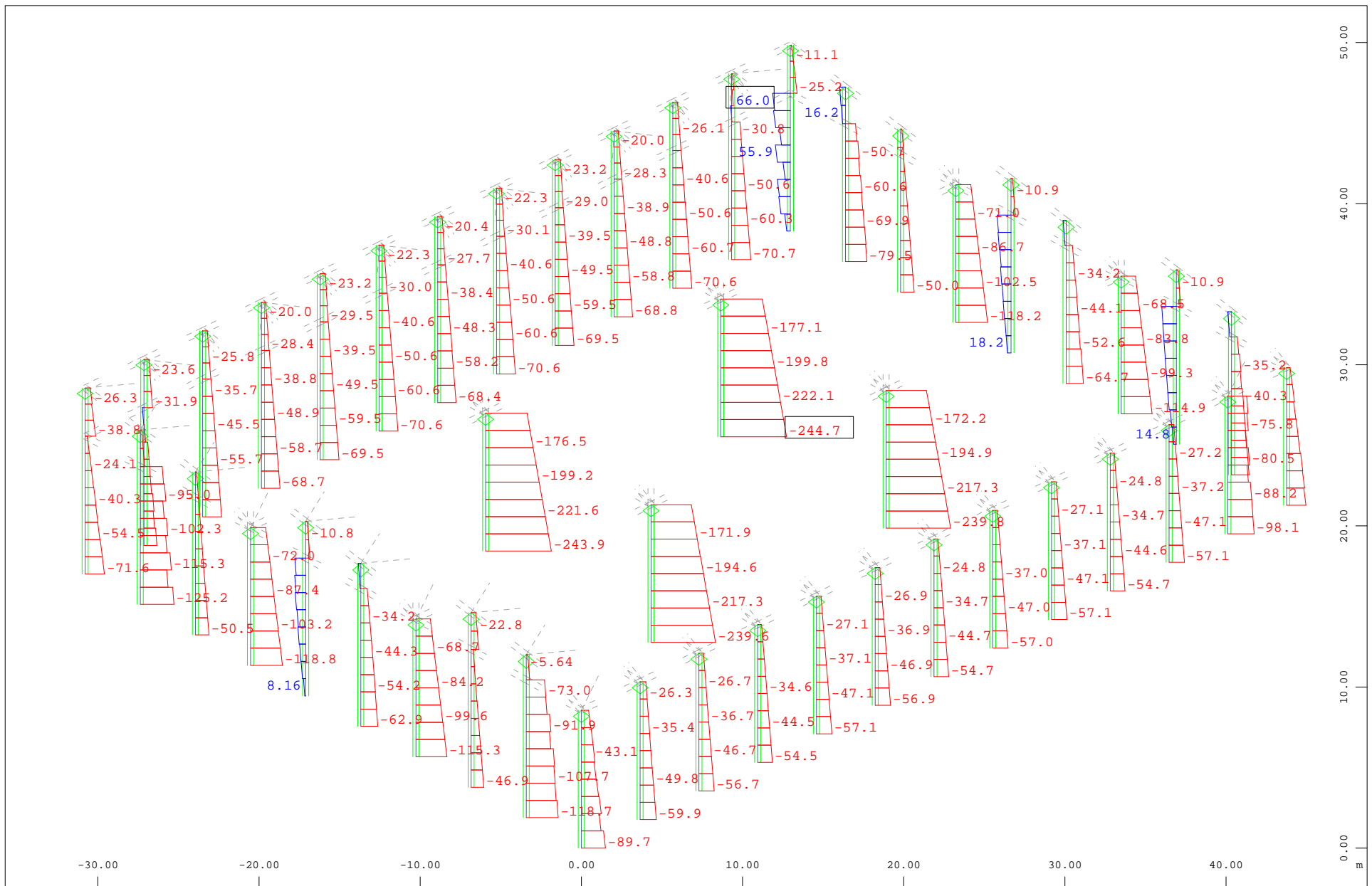
Sector of system Beam Elements Group 1...10  
 Beam Elements , Bending moment  $M_y$ , Loadcase 300123 MAXE-VY BEAM Forces in Beam Elem , 1 cm 3D = 50.0 kNm (Min=-41.0) (Max=29.1)

M 1 : 334  
 X \* 0.811  
 Y \* 0.782  
 Z \* 0.855



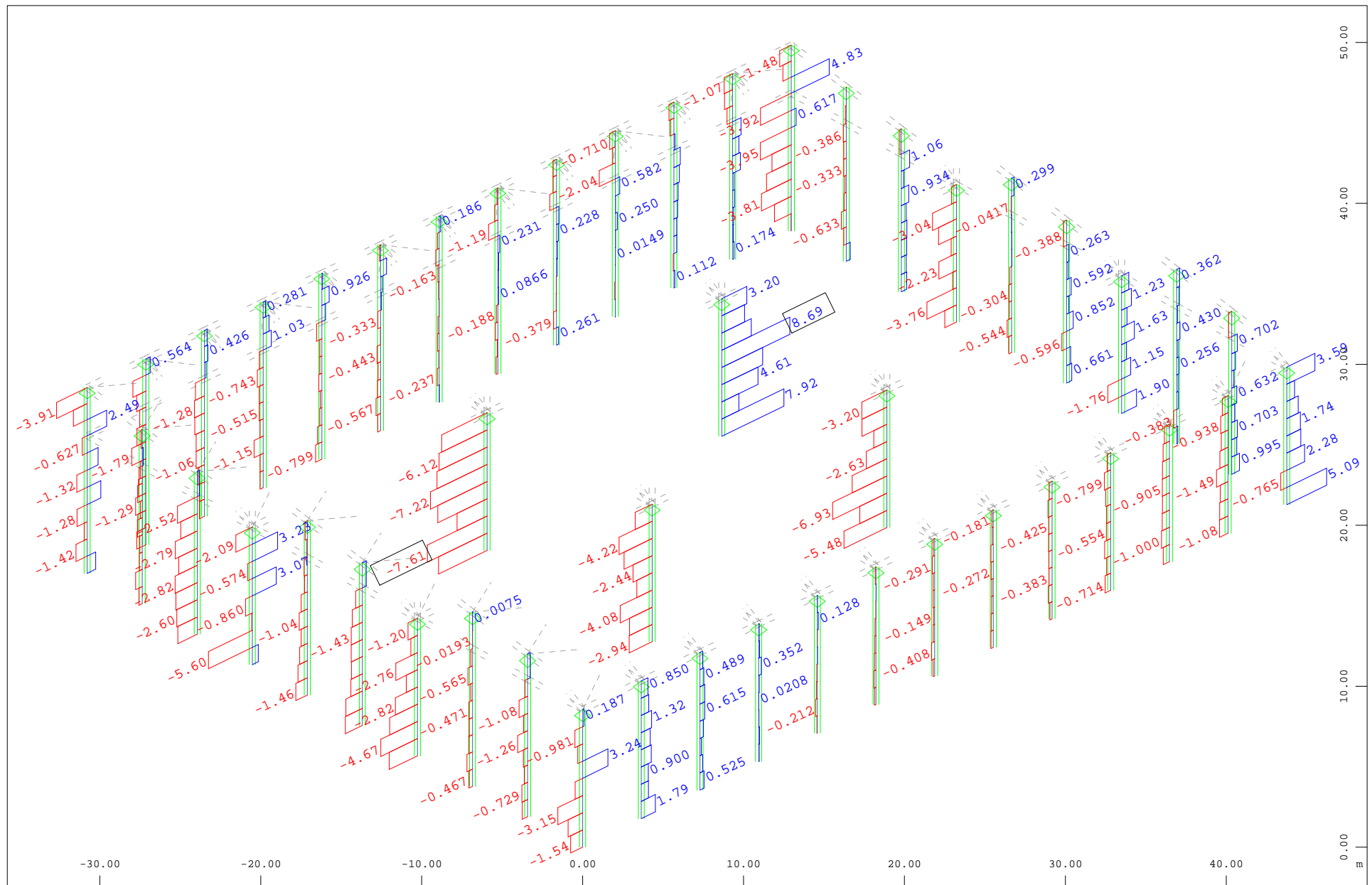
Sector of system Beam Elements Group 1...10  
 Beam Elements , Bending moment  $M_z$ , Loadcase 300123 MAXE-VY BEAM Forces in Beam Elem , 1 cm 3D = 200.0 kNm (Min=-366.0) (Max=31.2)

M 1 : 334  
 X \* 0.811  
 Y \* 0.782  
 Z \* 0.855



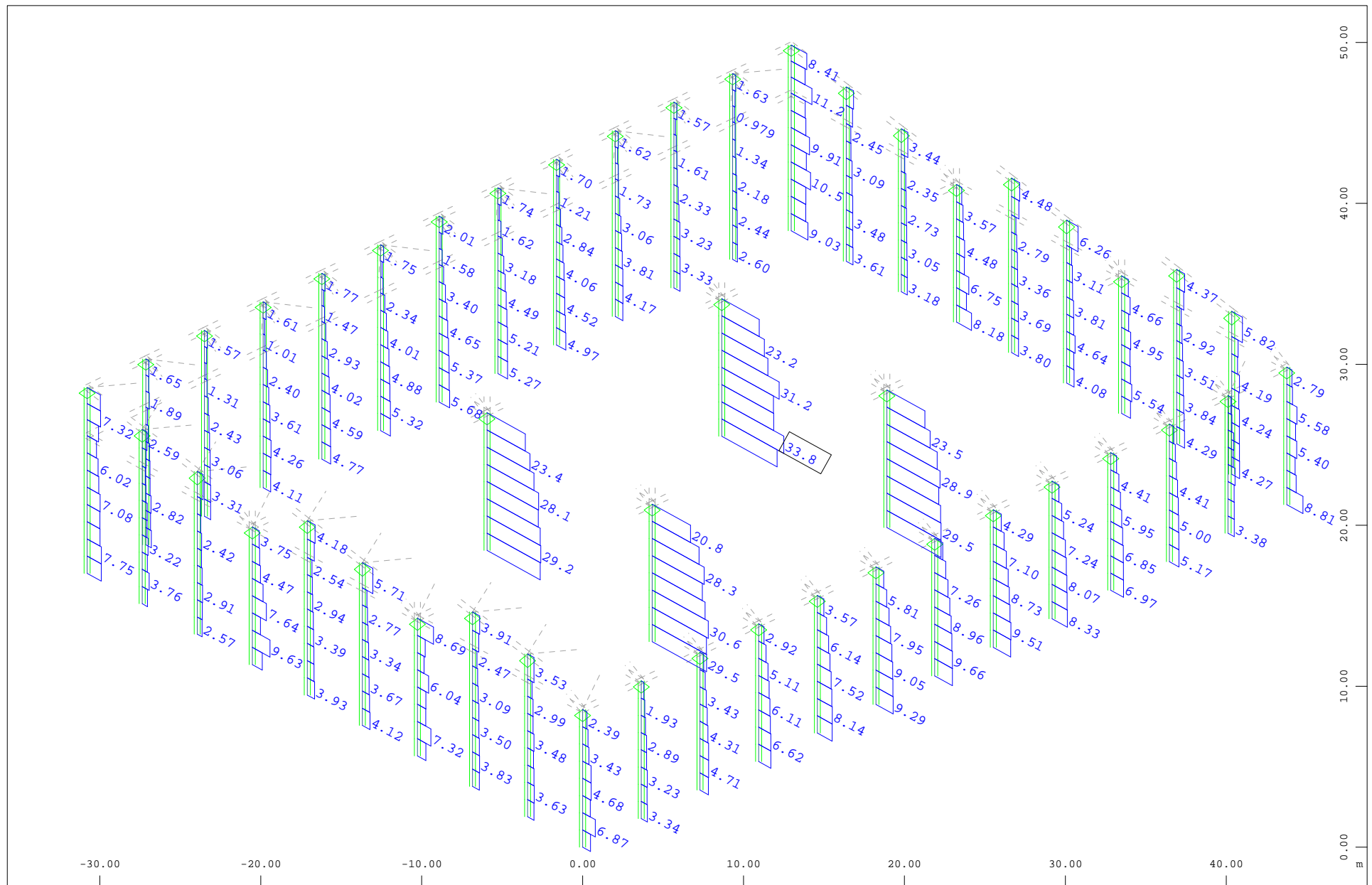
Sector of system Beam Elements Group 1...10  
 Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 300125 MAXE-VZ BEAM Forces in Beam Elem , 1 cm 3D = 200.0 kN (Min=-244.7) (Max=66.0)

M 1 : 334  
 X \* 0.811  
 Y \* 0.782  
 Z \* 0.855



Sector of system Beam Elements Group 1...10  
 Beam Elements , Shear force Vy, Loadcase 300125 MAXE-VZ BEAM Forces in Beam Elem , 1 cm 3D = 5.00 kN (Min=-7.61) (Max=8.69)

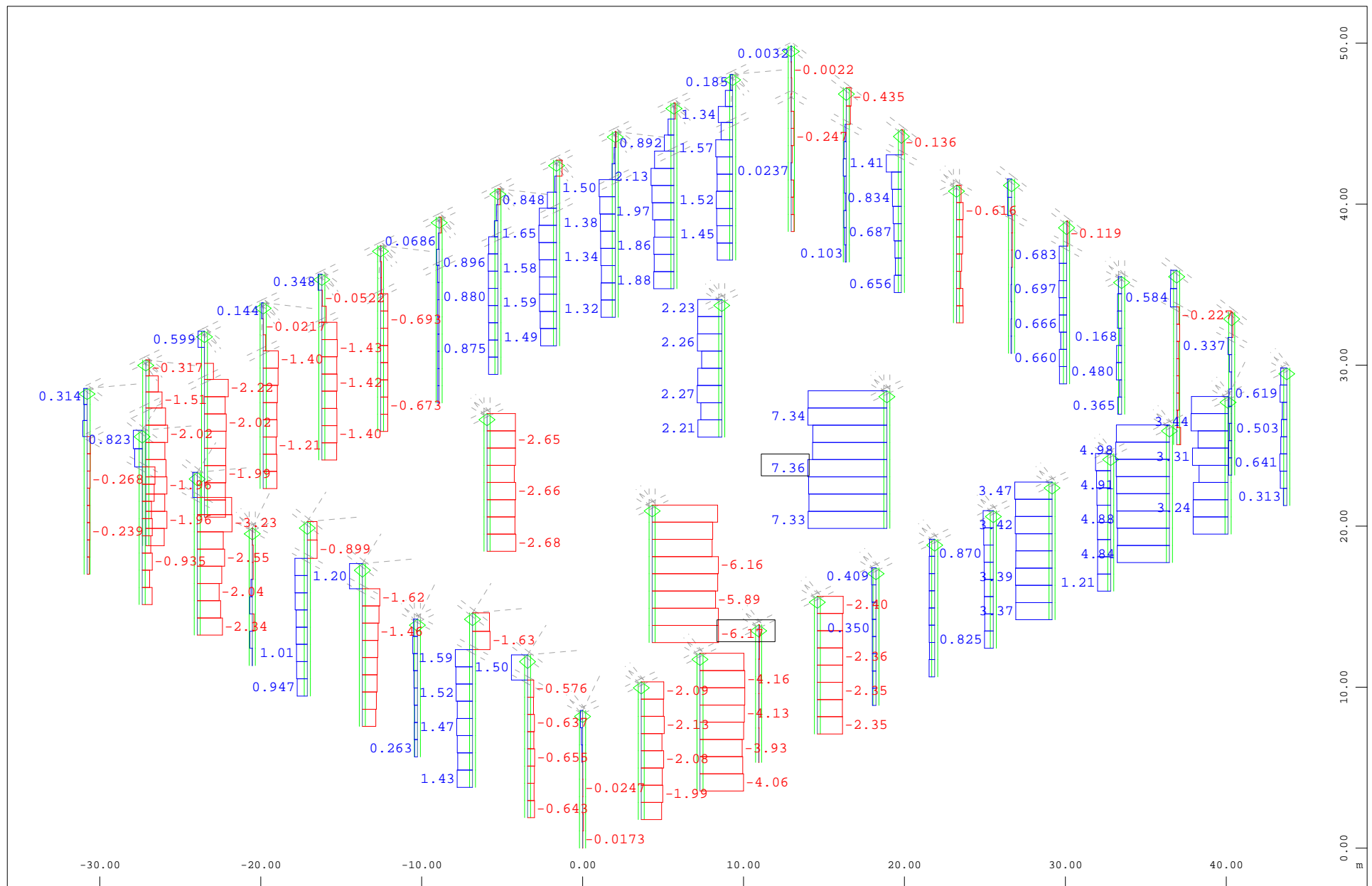
M 1 : 334  
 X \* 0.811  
 Y \* 0.782  
 Z \* 0.855



Sector of system Beam Elements Group 1...10  
 Beam Elements , Shear force  $V_z$ , Loadcase 300125 MAXE-VZ BEAM Forces in Beam Elem , 1 cm 3D = 20.0 kN (Max=33.8)

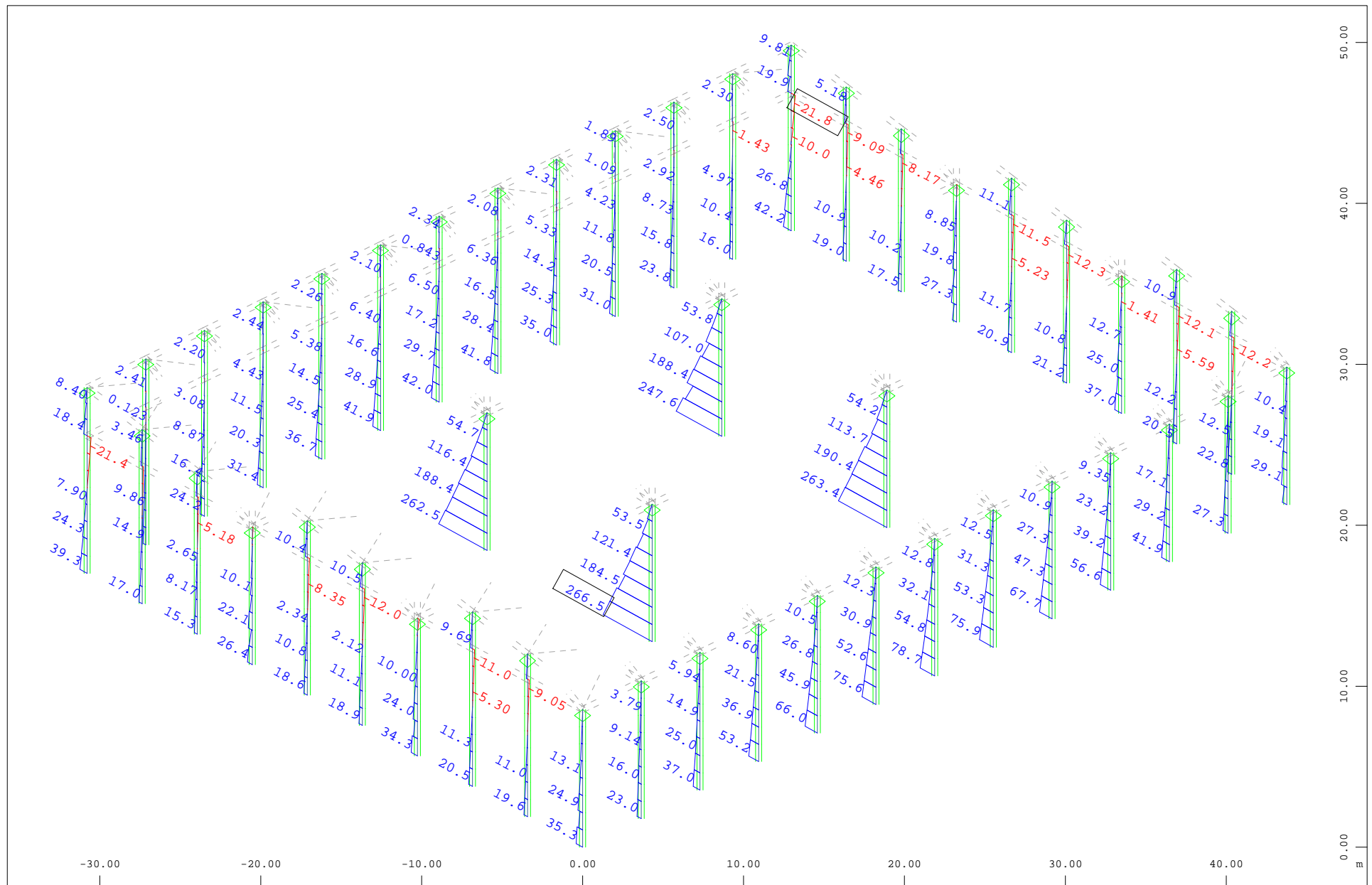
M 1 : 334  
 X \* 0.811  
 Y \* 0.782  
 Z \* 0.855





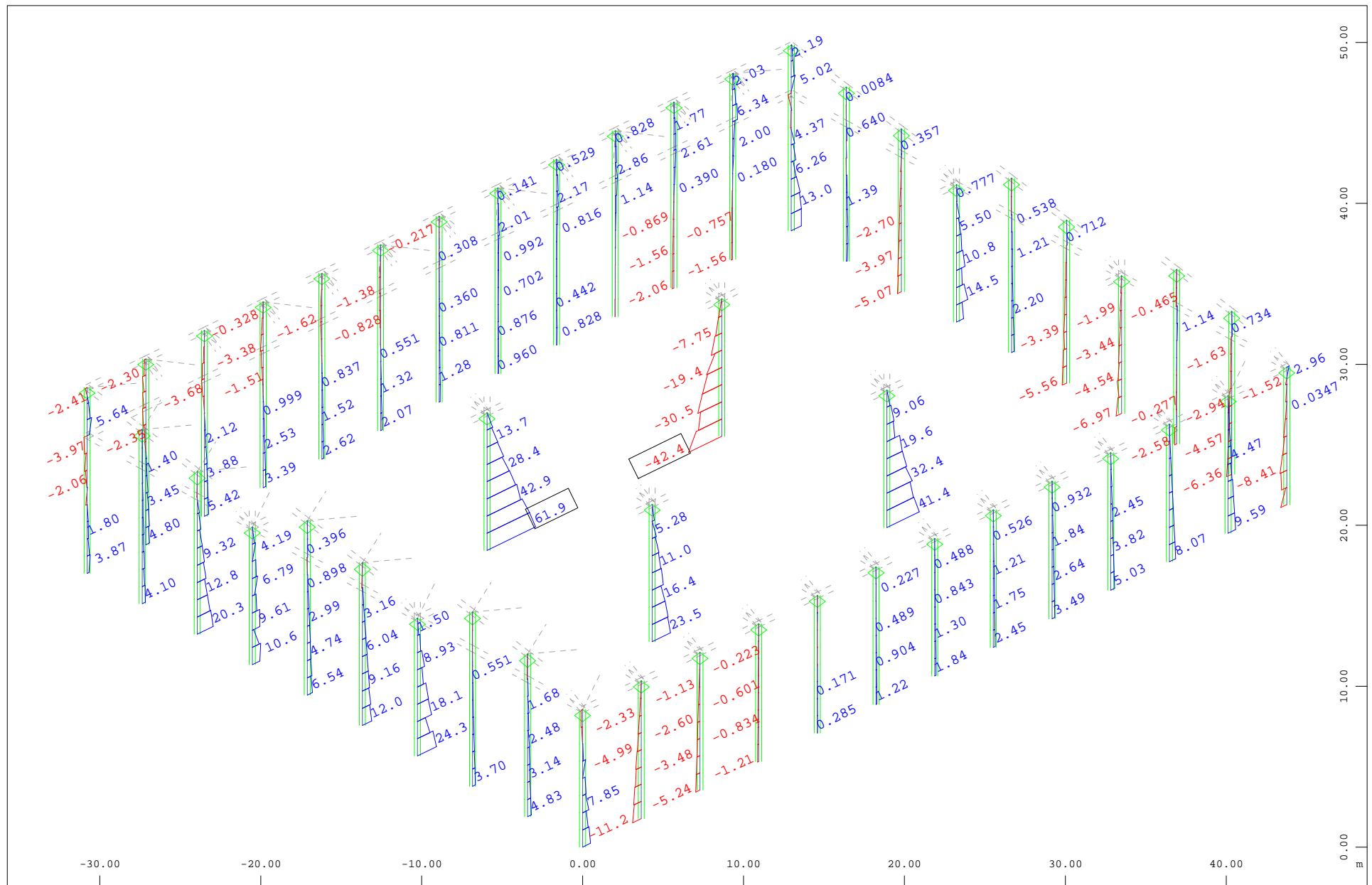
Sector of system Beam Elements Group 1...10  
 Beam Elements , Torsional moment  $M_t$ , Loadcase 300125 MAXE-VZ BEAM Forces in Beam Elem , 1 cm 3D = 5.00 kNm (Min=-6.17) (Max=7.36)

M 1 : 334  
 X \* 0.811  
 Y \* 0.782  
 Z \* 0.855



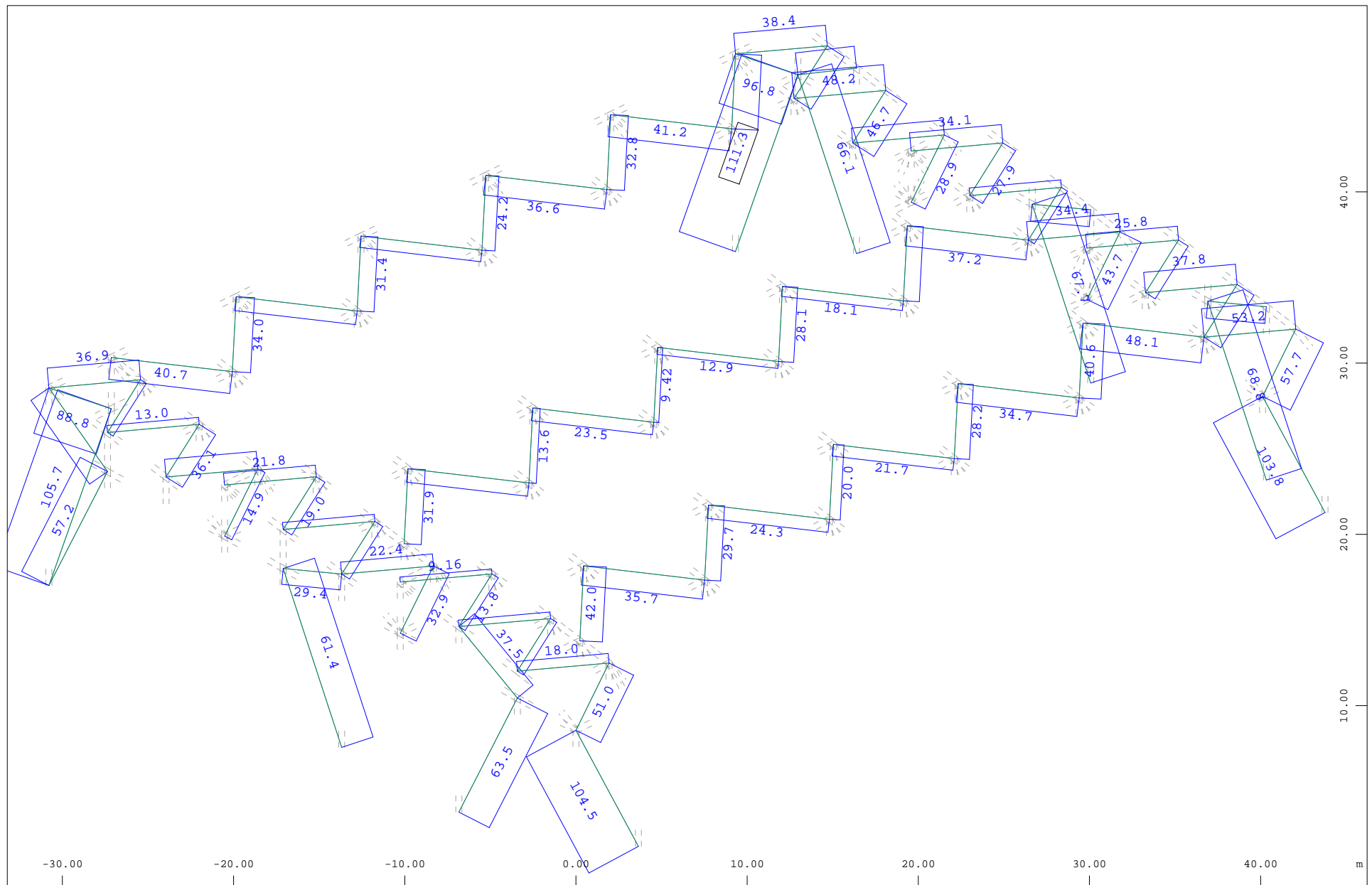
Sector of system Beam Elements Group 1...10  
 Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 300125 MAXE-VZ BEAM Forces in Beam Elem , 1 cm 3D = 200.0 kNm (Min=-21.8) (Max=266.5)

M 1 : 334  
 X \* 0.811  
 Y \* 0.782  
 Z \* 0.855



Sector of system Beam Elements Group 1...10  
 Beam Elements , Bending moment Mz, Loadcase 300125 MAXE-VZ BEAM Forces in Beam Elem , 1 cm 3D = 50.0 kNm (Min=-42.4) (Max=61.9)

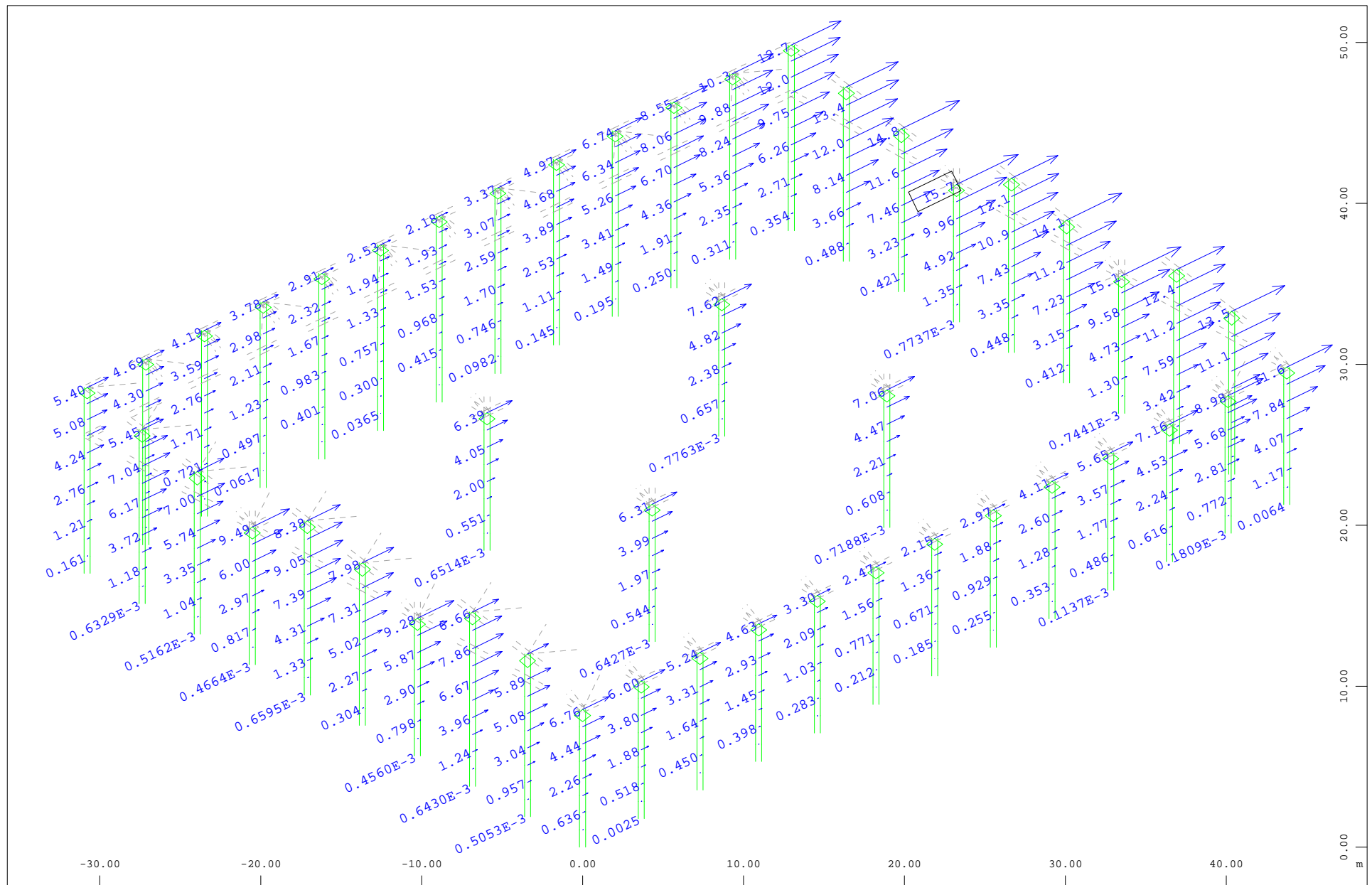
M 1 : 334  
 X \* 0.811  
 Y \* 0.782  
 Z \* 0.855



Sector of system Truss Elements  
 Truss Elements , Normal force  $N_x$ , Loadcase 300141 MAXE-N TRUS Forces in Truss Elem , 1 cm 3D = 100.0 kN (Max=111.3)

M 1 : 314  
 X \* 0.811  
 Y \* 0.782  
 Z \* 0.855

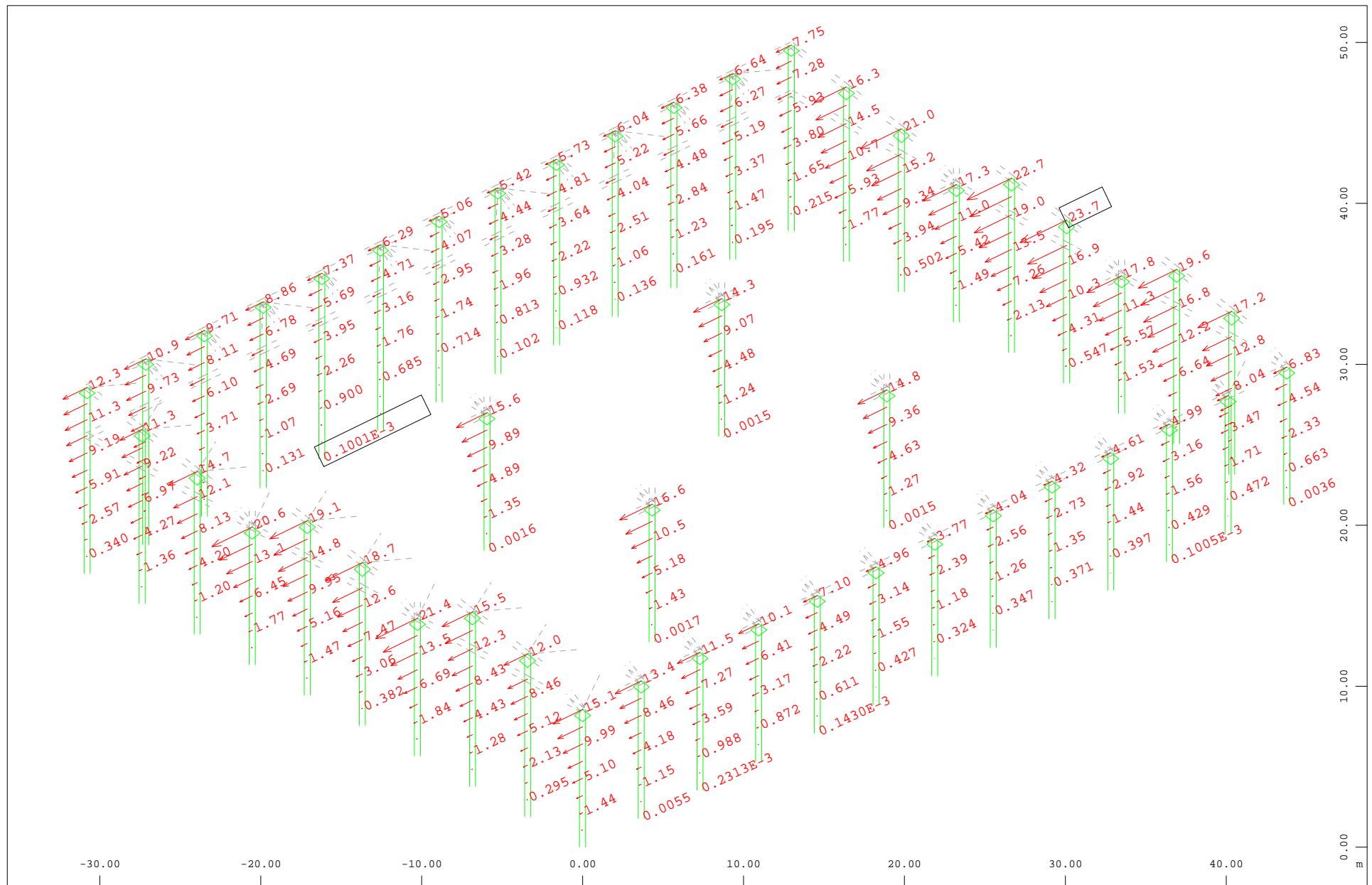
**A3.10. DESPLAZAMIENTOS DE LOS NUDOS.  
COMBINACIÓN CARACTERISTICA**



Sector of system Beam Elements Group 1...10  
 Nodal displacement in global X, Loadcase 200171 MAXR-UX NODE Desplazamientos , 1 cm 3D = 10.0 mm

➤ (Max=15.7)

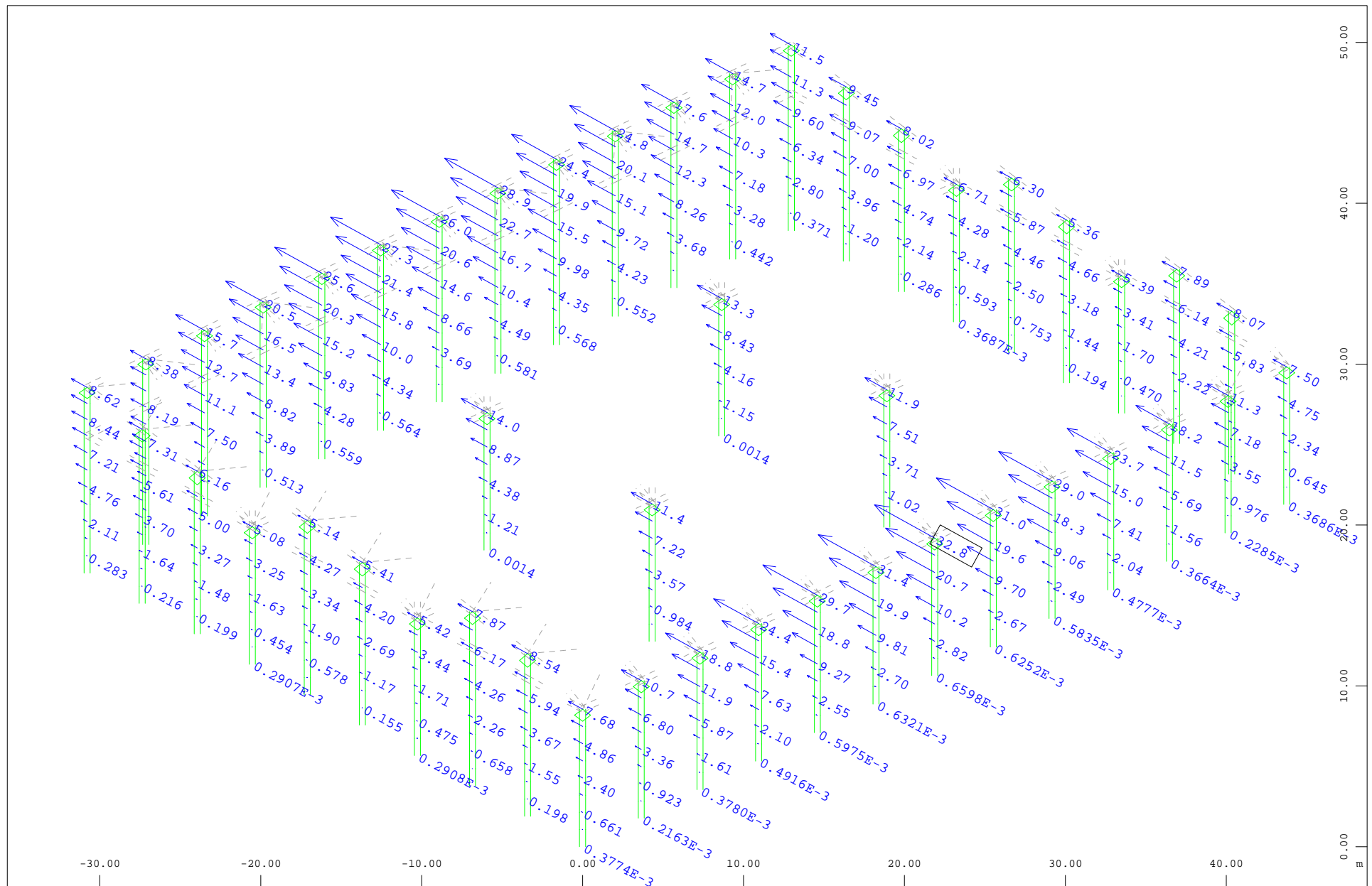
M 1 : 334  
 X \* 0.811  
 Y \* 0.782  
 Z \* 0.855



Sector of system Beam Elements Group 1...10  
 Nodal displacement in global X, Loadcase 200172 MINR-UX NODE Desplazamientos , 1 cm 3D = 20.0 mm

➤ (Min=-23.7) (Max=-7.5160e-05)

M 1 : 334  
 X \* 0.811  
 Y \* 0.782  
 Z \* 0.855

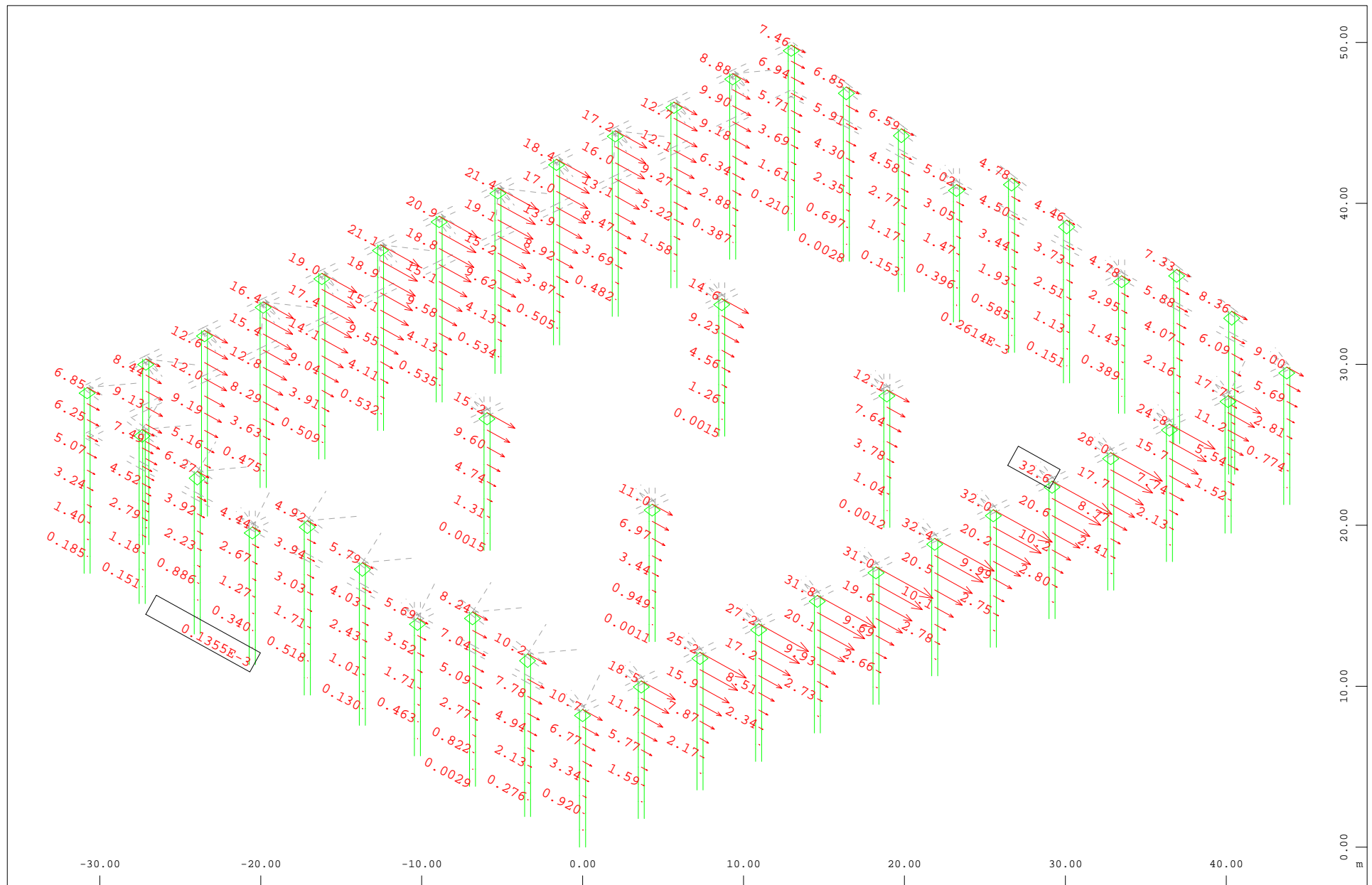


Sector of system Beam Elements Group 1...10  
 Nodal displacement in global Y, Loadcase 200173 MAXR-UY NODE Desplazamientos , 1 cm 3D = 20.0 mm

(Max=32.8)

M 1 : 334  
 X \* 0.811  
 Y \* 0.782  
 Z \* 0.855

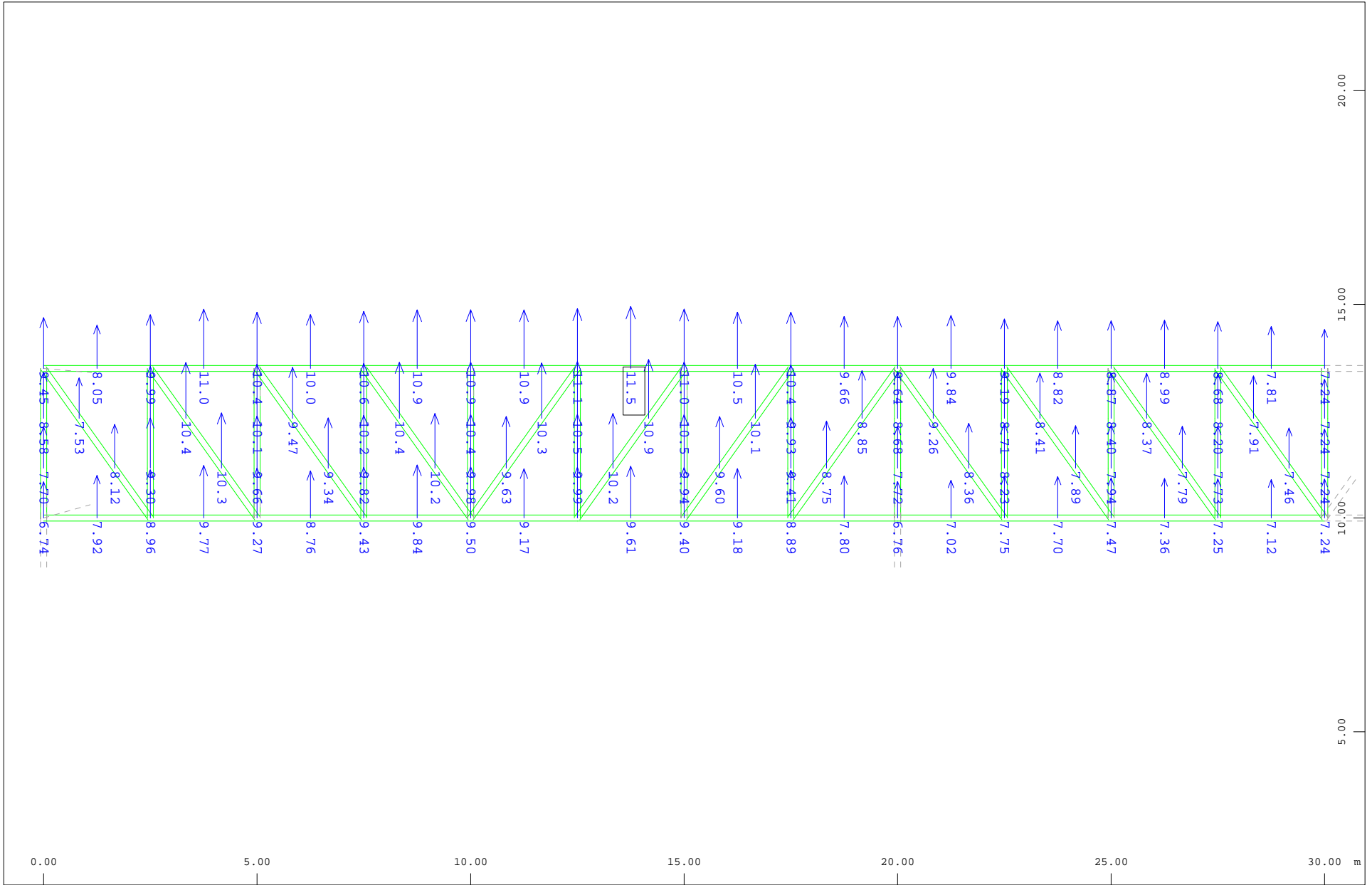




Sector of system Beam Elements Group 1...10  
 Nodal displacement in global Y, Loadcase 200174 MINR-UY NODE Desplazamientos , 1 cm 3D = 20.0 mm

(Min=-32.6) (Max=-1.3554e-04)

M 1 : 334  
 X \* 0.811  
 Y \* 0.782  
 Z \* 0.855



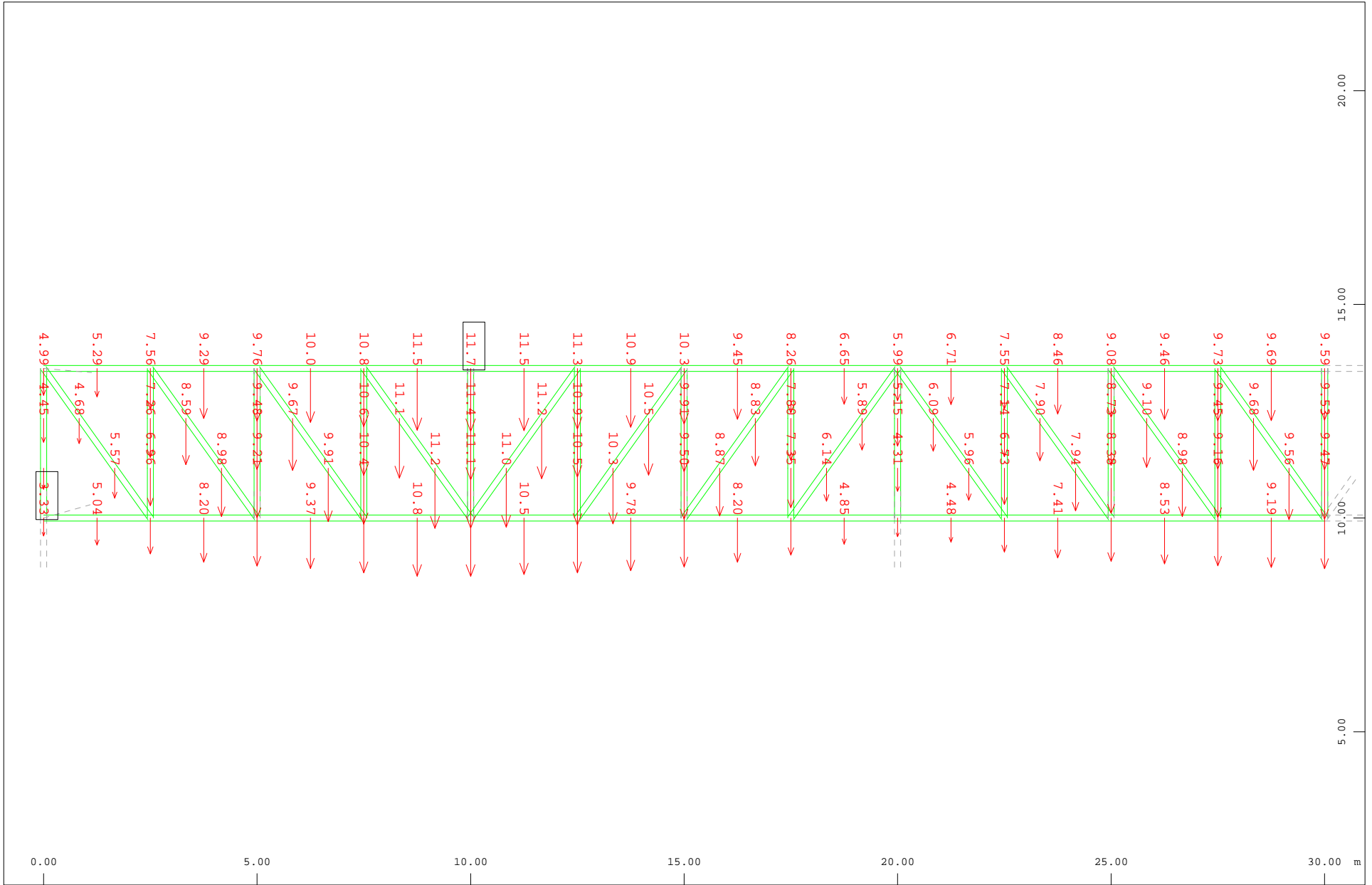
Z  
X

Sector of system Beam Elements Group 101...105

Nodal displacement in global Z, Loadcase 200175 MAXR-UZ NODE Desplazamientos , 1 cm 3D = 10.0 mm

(Max=11.5)

M 1 : 126



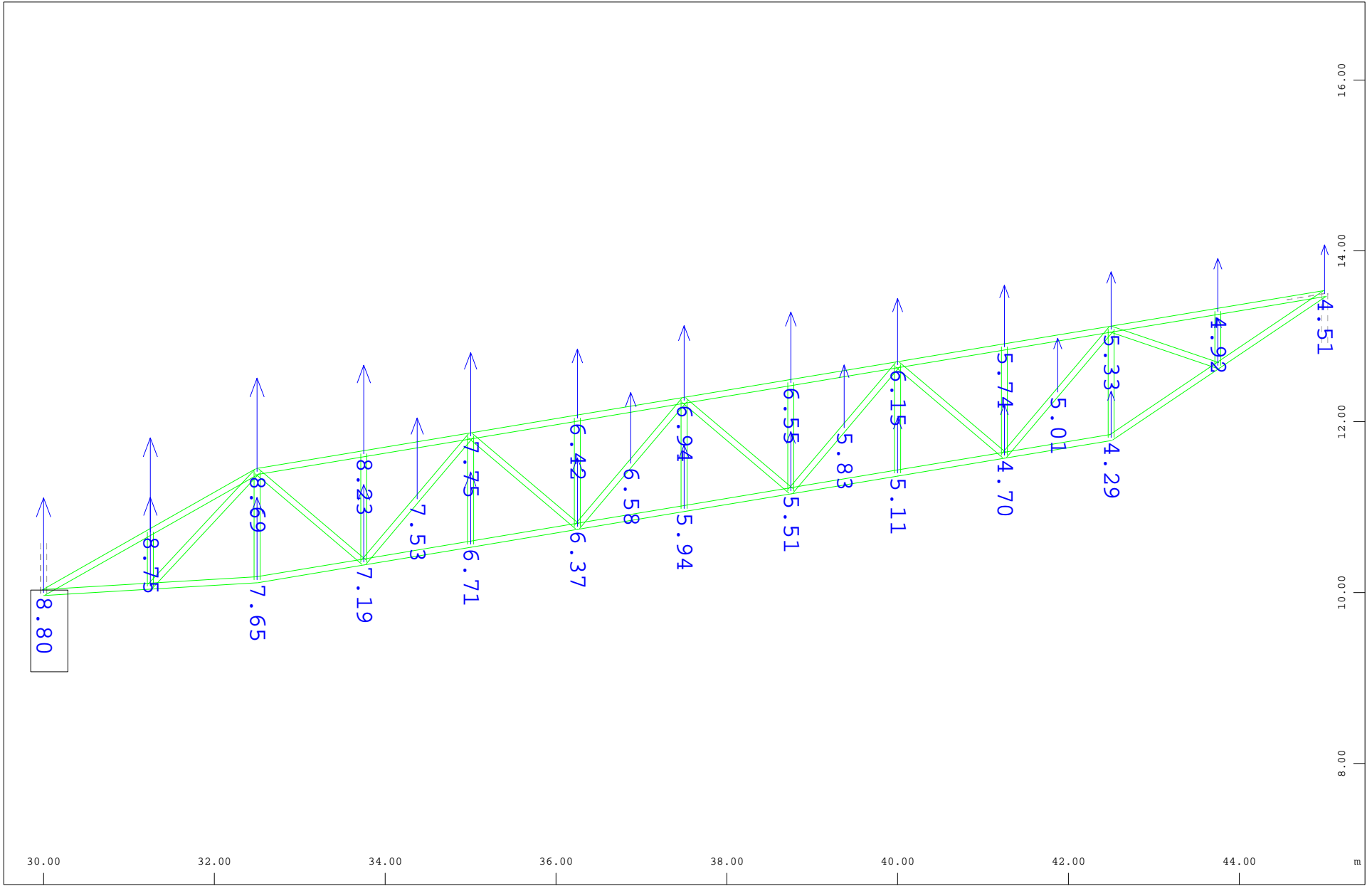
z  
x

Sector of system Beam Elements Group 101...105

Nodal displacement in global Z, Loadcase 200176 MINR-UZ NODE Desplazamientos , 1 cm 3D = 10.0 mm

➤ (Min=-11.7) (Max=-3.33)

M 1 : 126



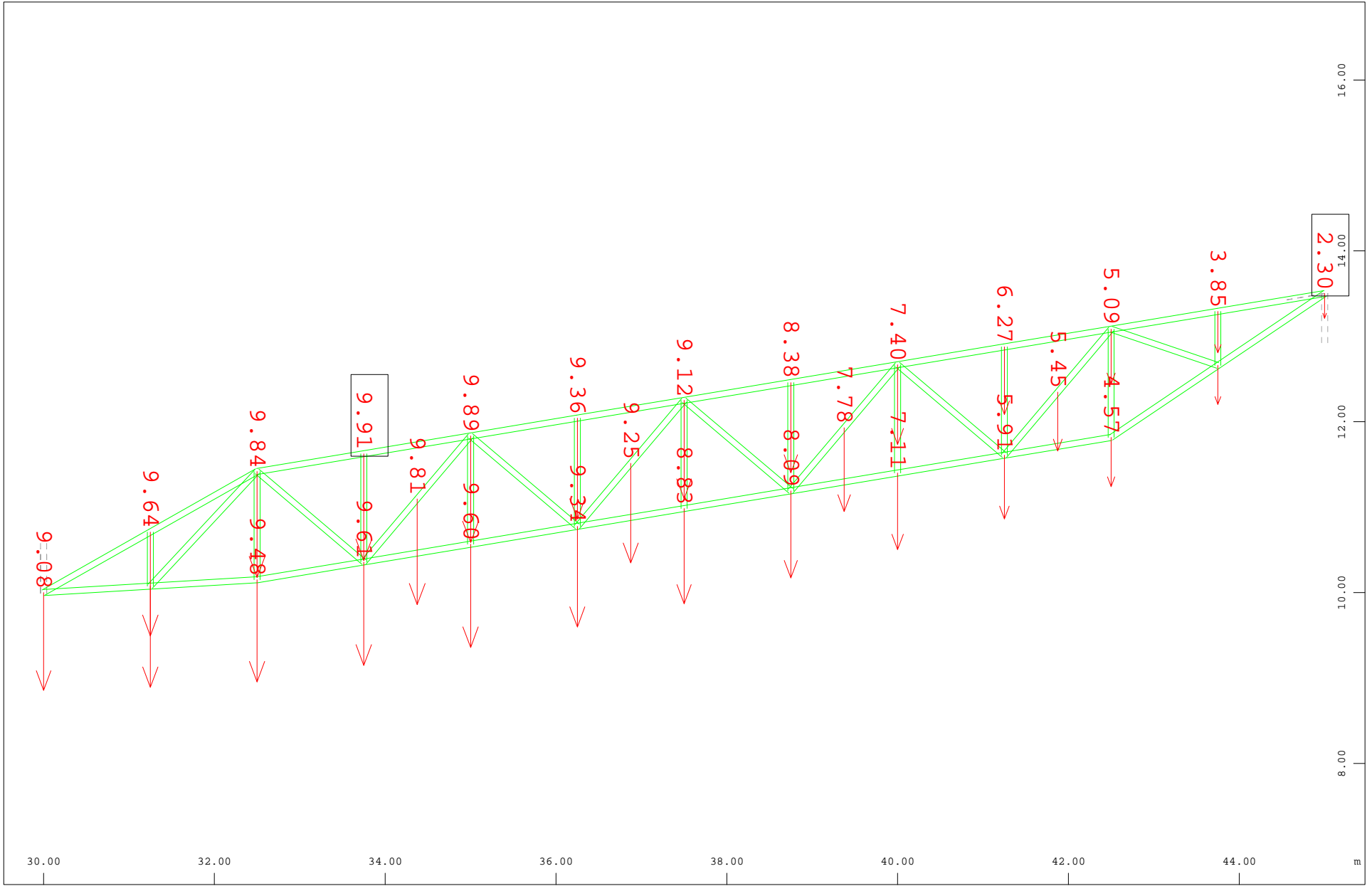
Z  
X-Y

Sector of system Beam Elements Group 101 111...113 115

Nodal displacement in global Z, Loadcase 200175 MAXR-UZ NODE Desplazamientos , 1 cm 3D = 5.00 mm

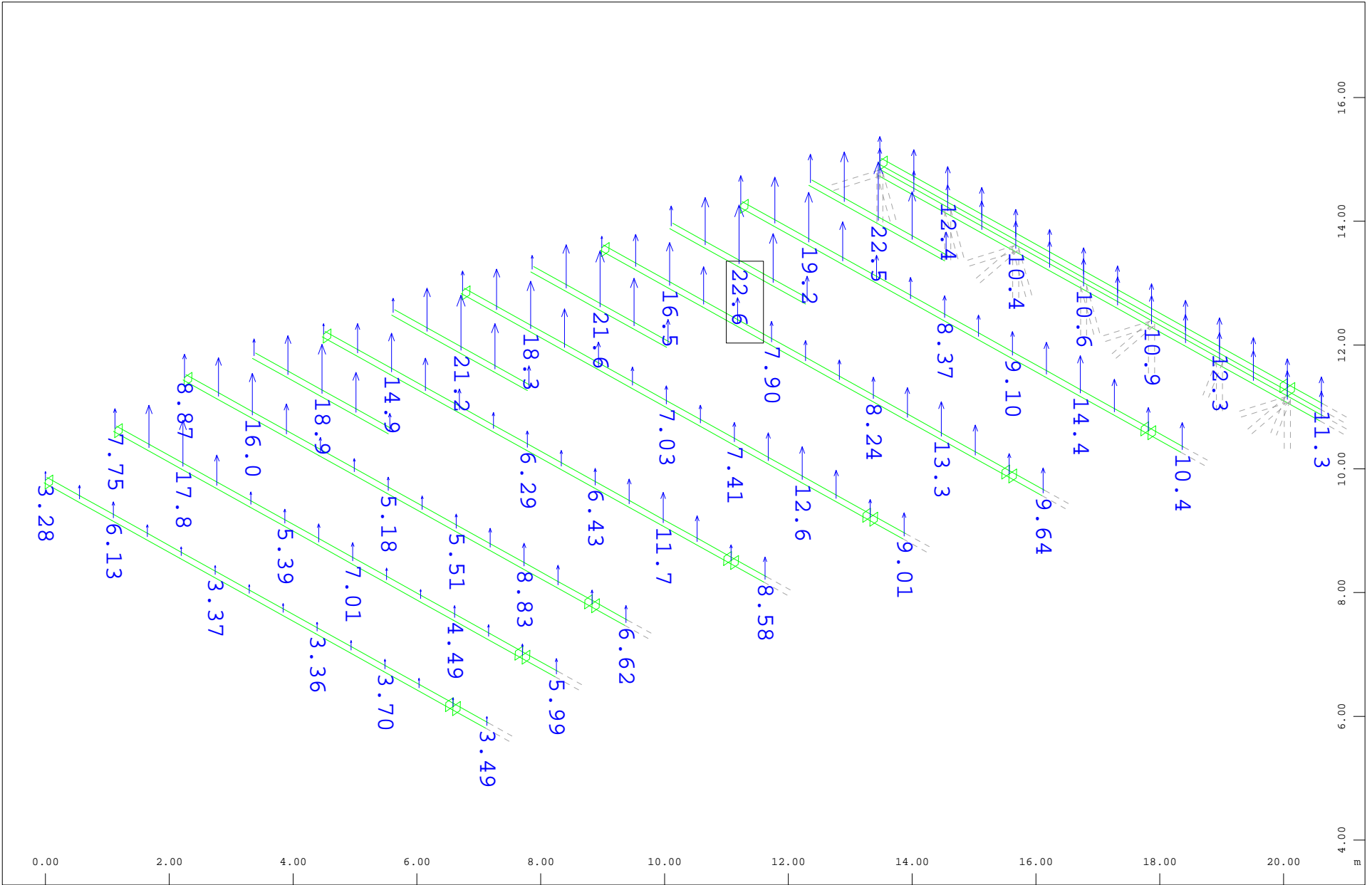
(Max=8.80)

M 1 : 63



Sector of system Beam Elements Group 101 111...113 115  
Nodal displacement in global Z, Loadcase 200176 MINR-UZ NODE Desplazamientos , 1 cm 3D = 5.00 mm

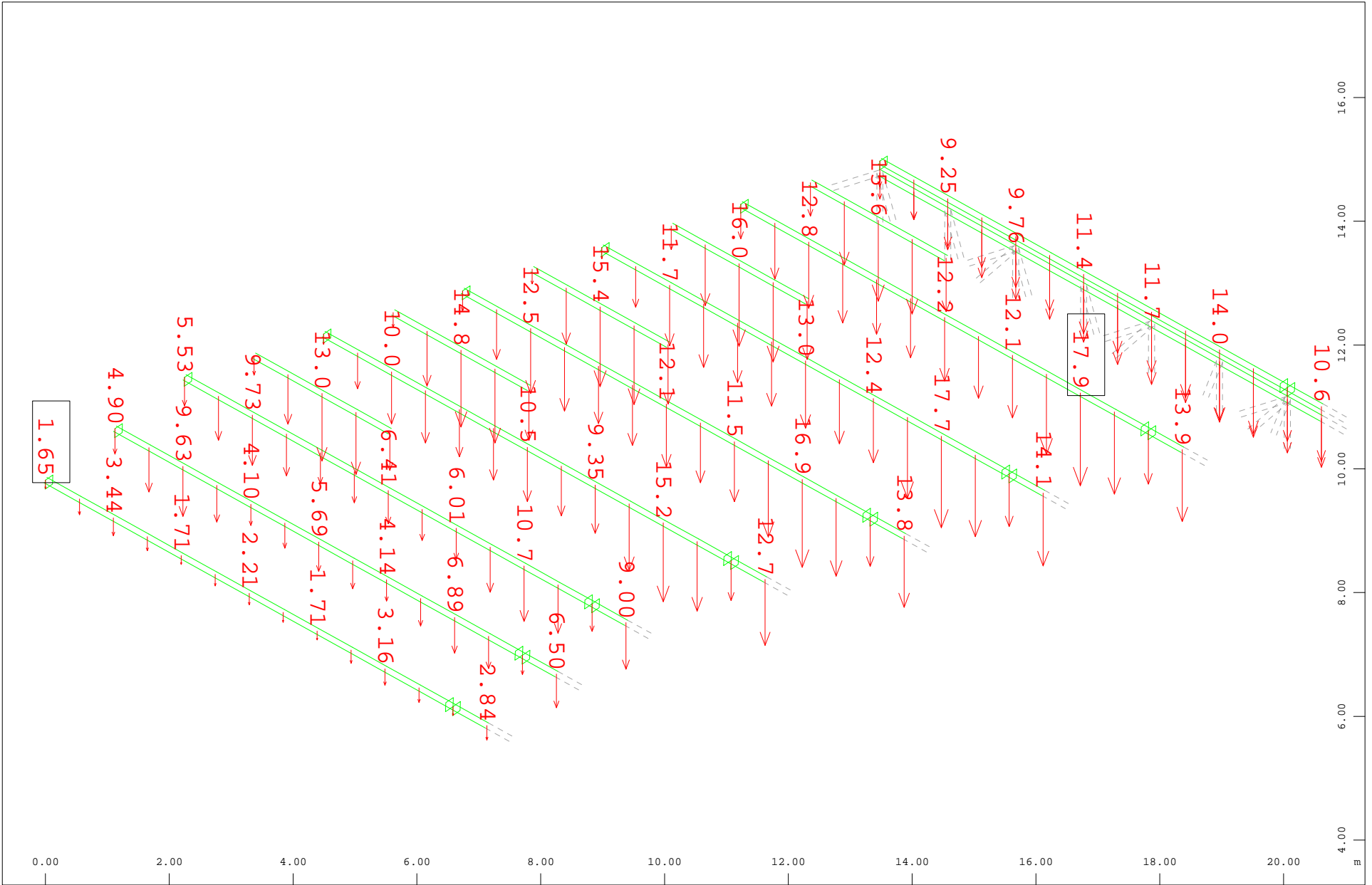
(Min=-9.91) (Max=-2.30)



Sector of system Beam Elements Group 101 125  
Nodal displacement in global Z, Loadcase 200175 MAXR-UZ NODE Desplazamientos , 1 cm 3D = 20.0 mm

(Max=22.6)

M 1 : 87  
X \* 0.502  
Y \* 0.906  
Z \* 0.962



Sector of system Beam Elements Group 101 125

Nodal displacement in global Z, Loadcase 200176 MINR-UZ NODE Desplazamientos , 1 cm 3D = 10.0 mm

(Min=-17.9) (Max=-1.65)

M 1 : 87

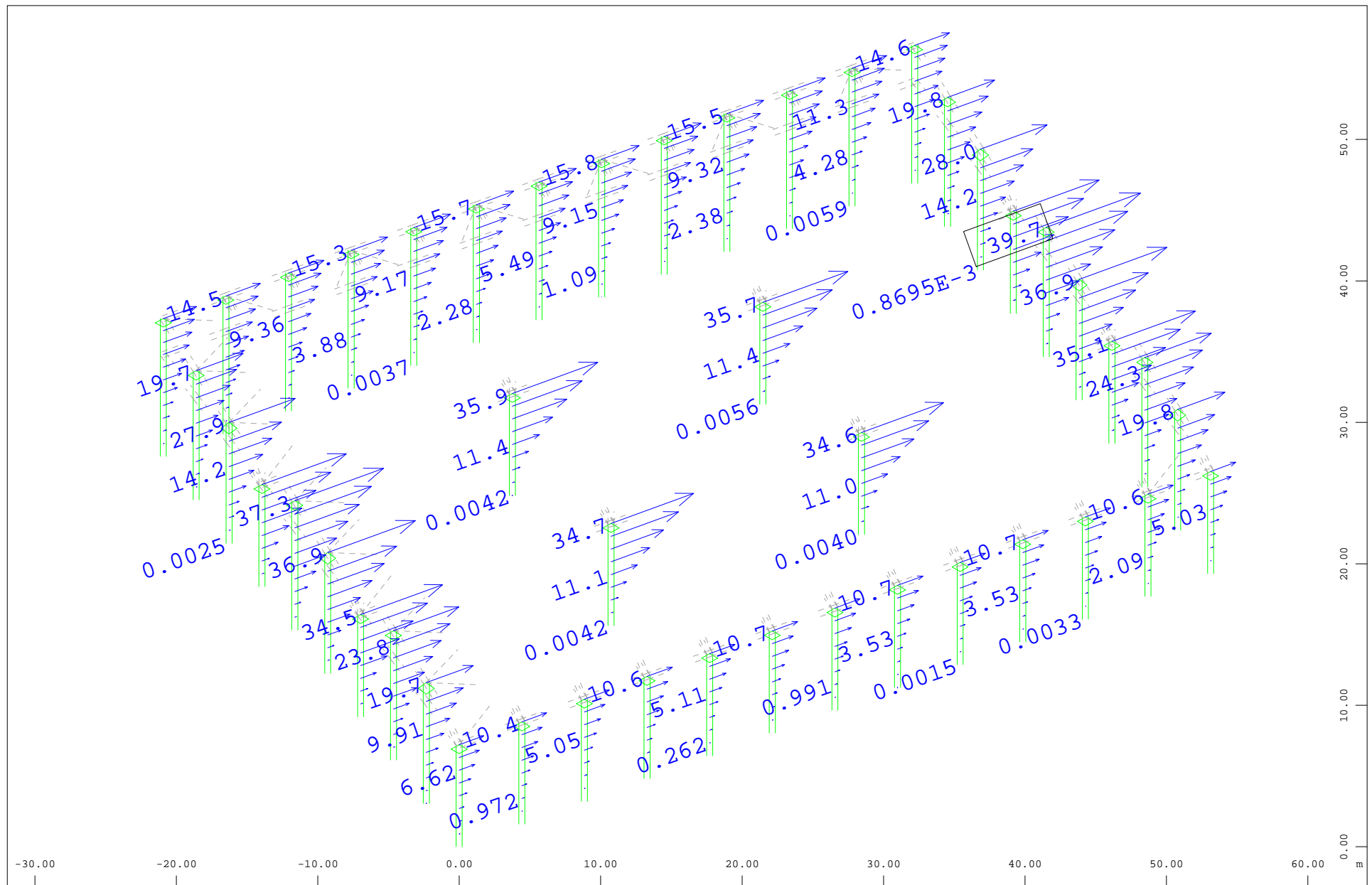
X \* 0.502

Y \* 0.906

Z \* 0.962

**3.A11. DESPLAZAMIENTOS DE LOS NUDOS EN  
SITUACIÓN SISMICA (ESPECTRO DE RESPUESTA  
ELASTICO)**

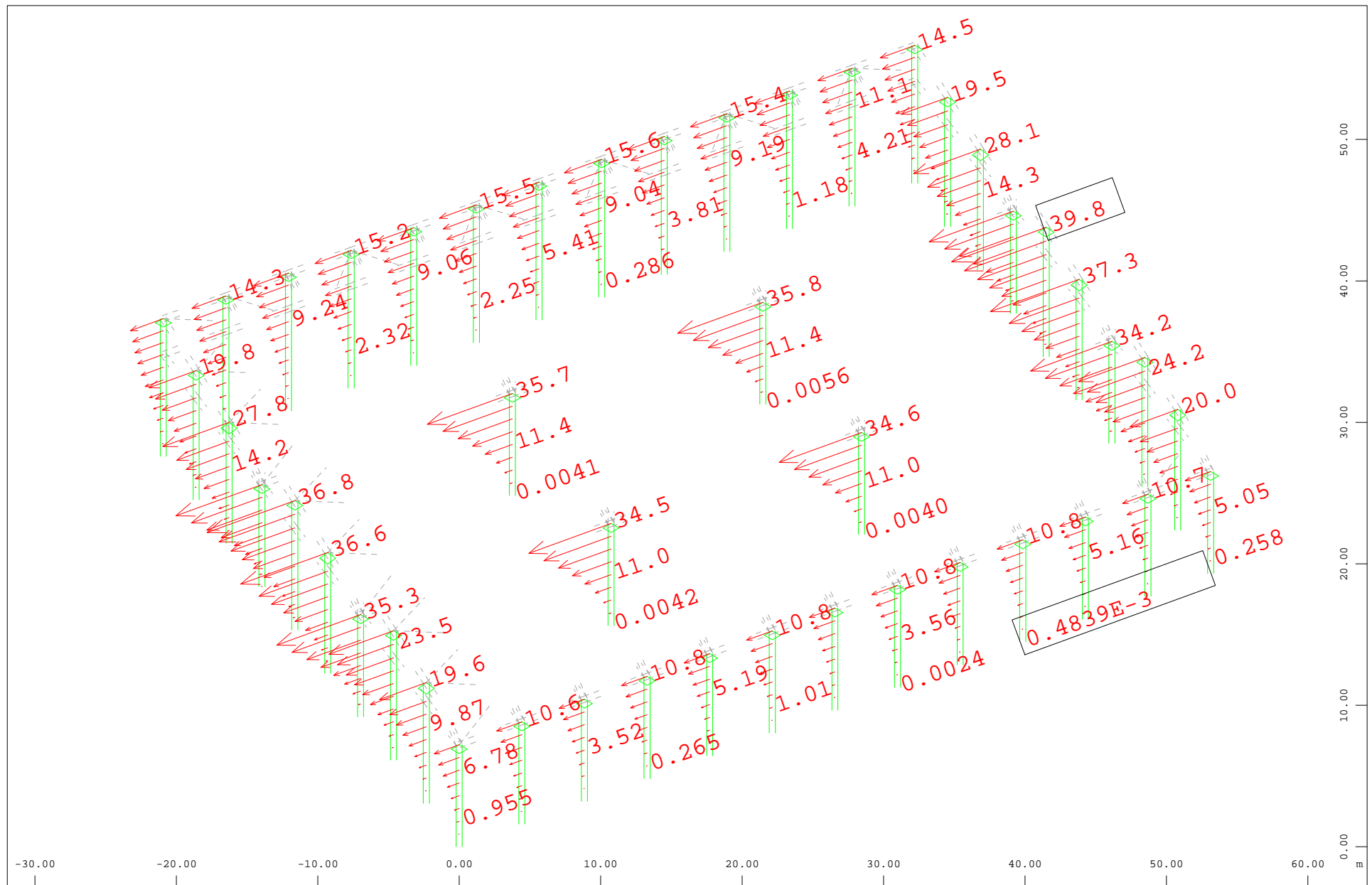




Sector of system Beam Elements Group 1...10  
 Nodal displacement in global X, Loadcase 300171 MAXE-UX NODE Nodal Displacements , 1 cm 3D = 20.0 mm

➤ (Max=39.7)

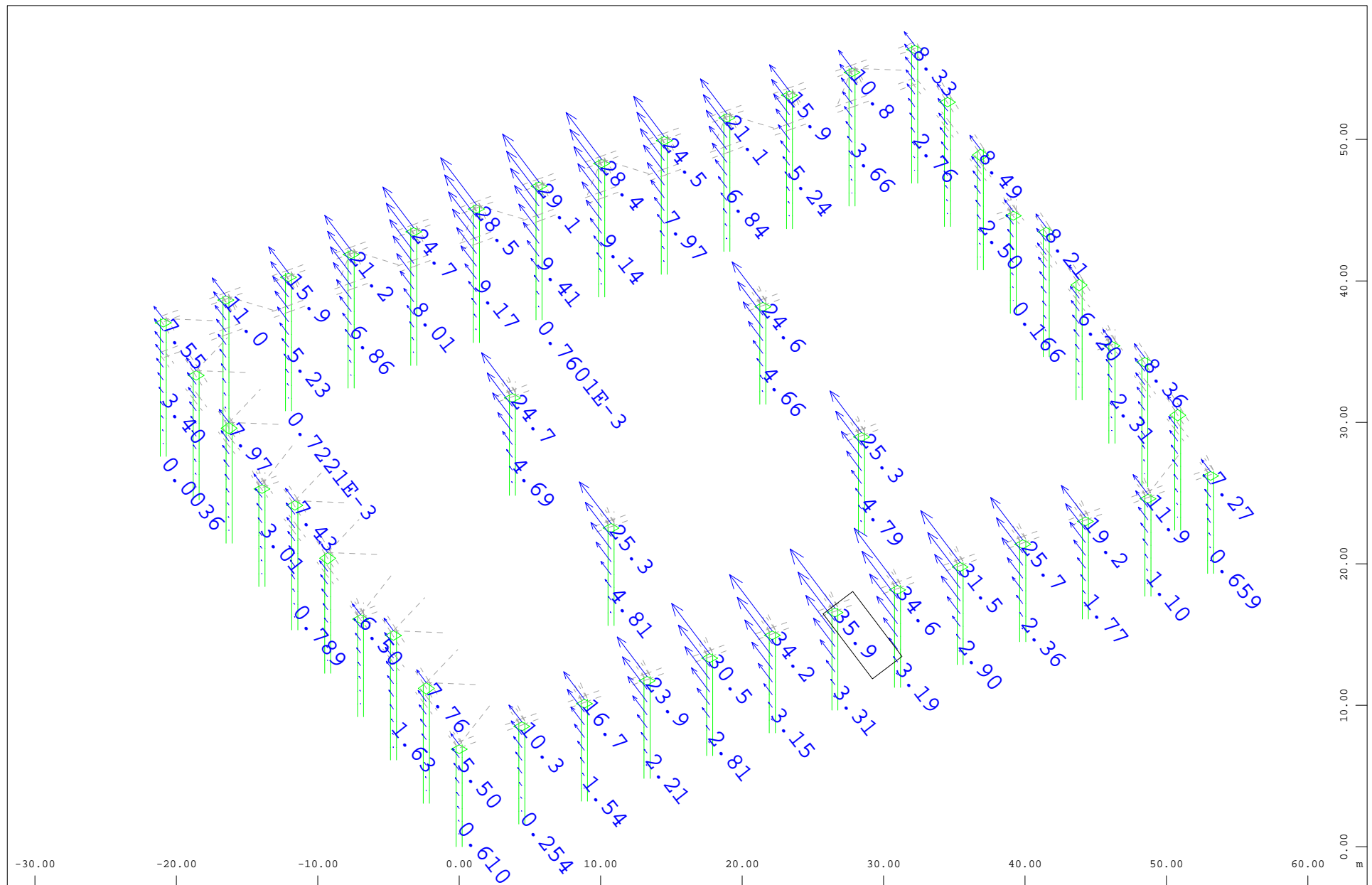
M 1 : 380  
 X \* 0.942  
 Y \* 0.769  
 Z \* 0.721




Sector of system Beam Elements Group 1...10  
 Nodal displacement in global X, Loadcase 300172 MINE-UX NODE Nodal Displacements , 1 cm 3D = 20.0 mm  
 (Max=-4.8393e-04)

➤ (Min=-39.8)

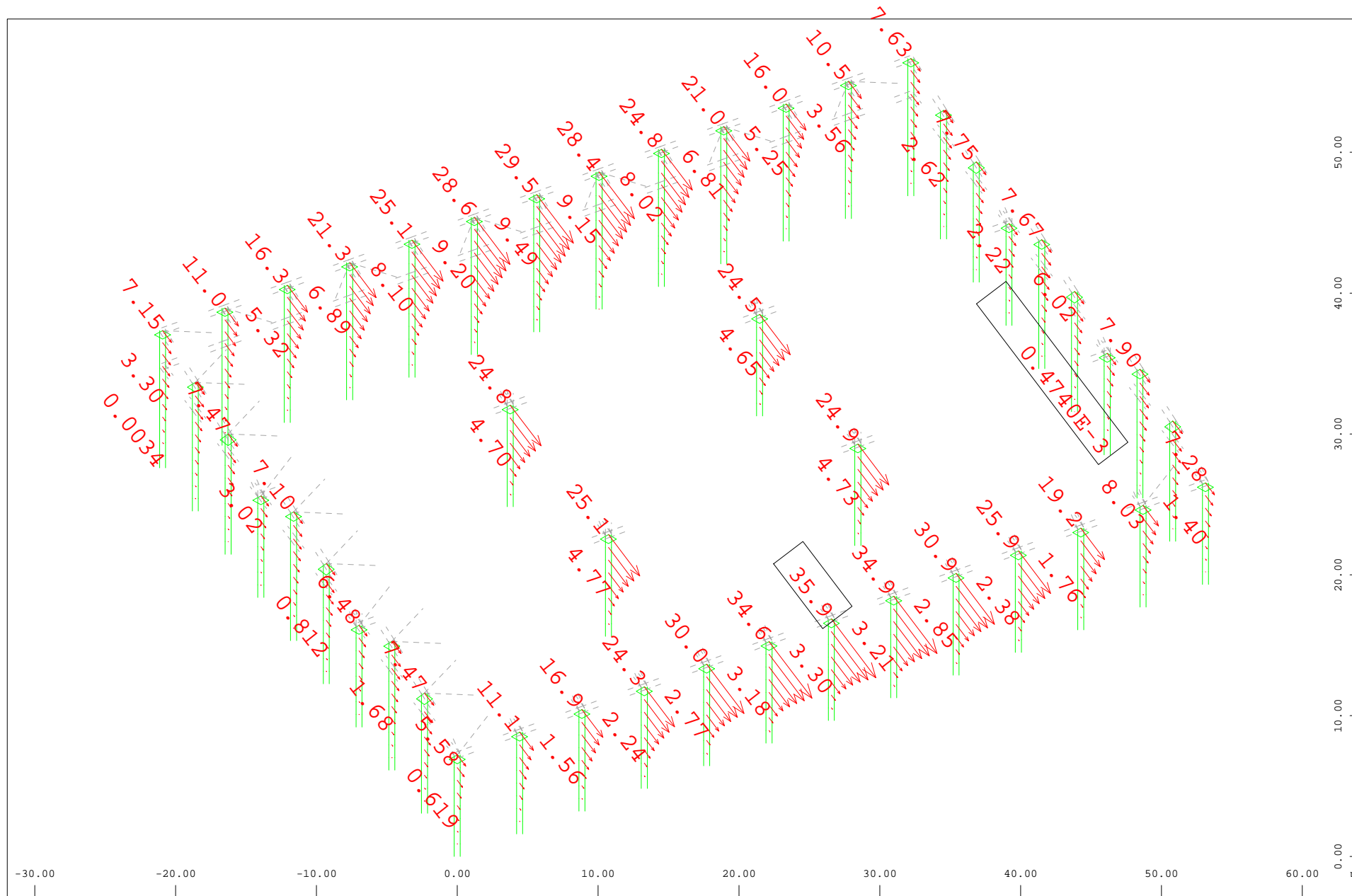
M 1 : 380  
 X \* 0.942  
 Y \* 0.769  
 Z \* 0.721



Sector of system Beam Elements Group 1...10  
 Nodal displacement in global Y, Loadcase 300173 MAXE-UY NODE Nodal Displacements , 1 cm 3D = 20.0 mm

 (Max=35.9)

M 1 : 380  
 X \* 0.942  
 Y \* 0.769  
 Z \* 0.721

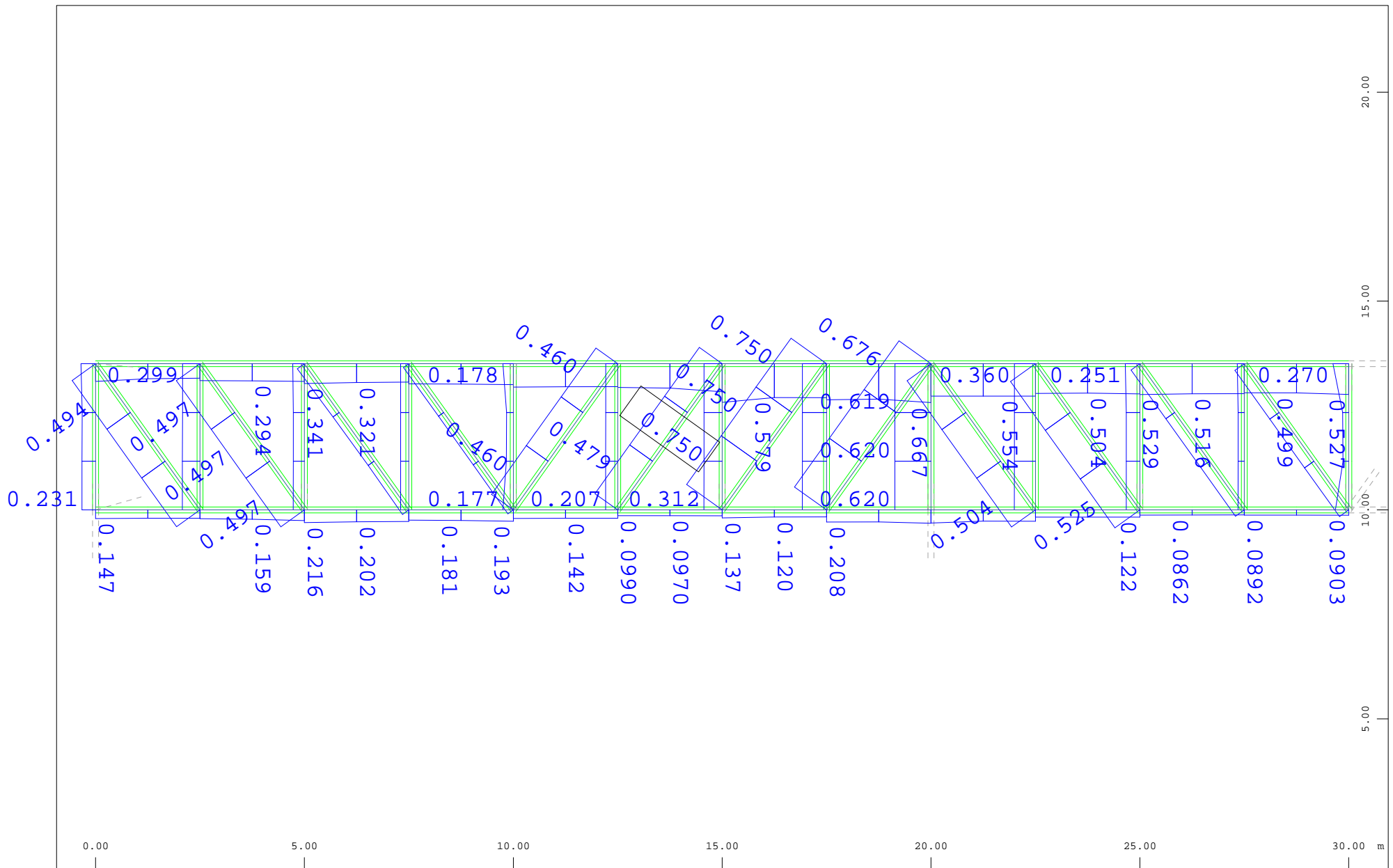


Sector of system Beam Elements Group 1...10  
 Nodal displacement in global Y, Loadcase 300174 MINE-UY NODE Nodal Displacements , 1 cm 3D = 20.0 mm  
 (Max=-4.7404e-04)

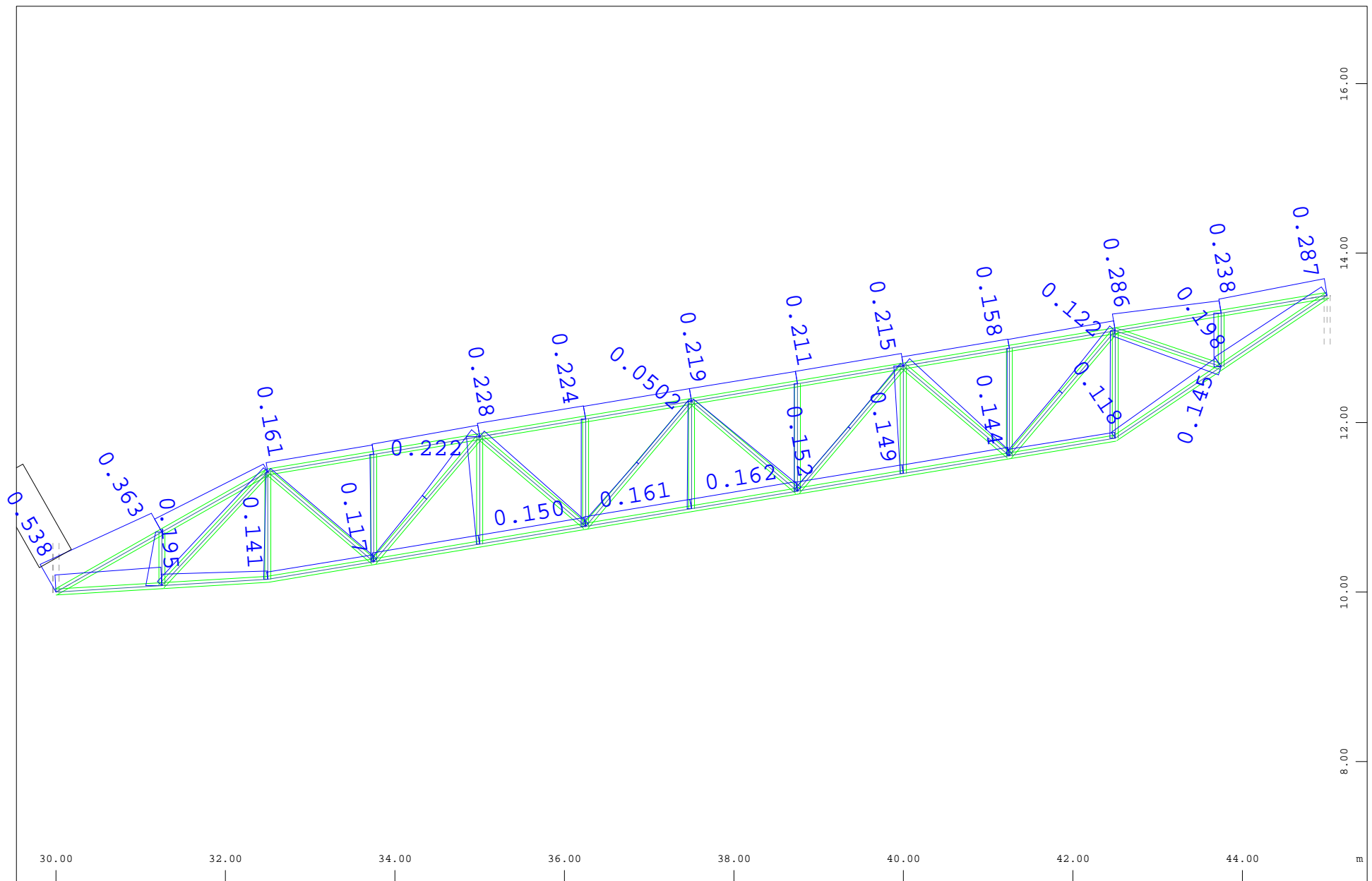
M 1 : 380  
 X \* 0.942  
 Y \* 0.769  
 Z \* 0.721

(Min=-35.9)

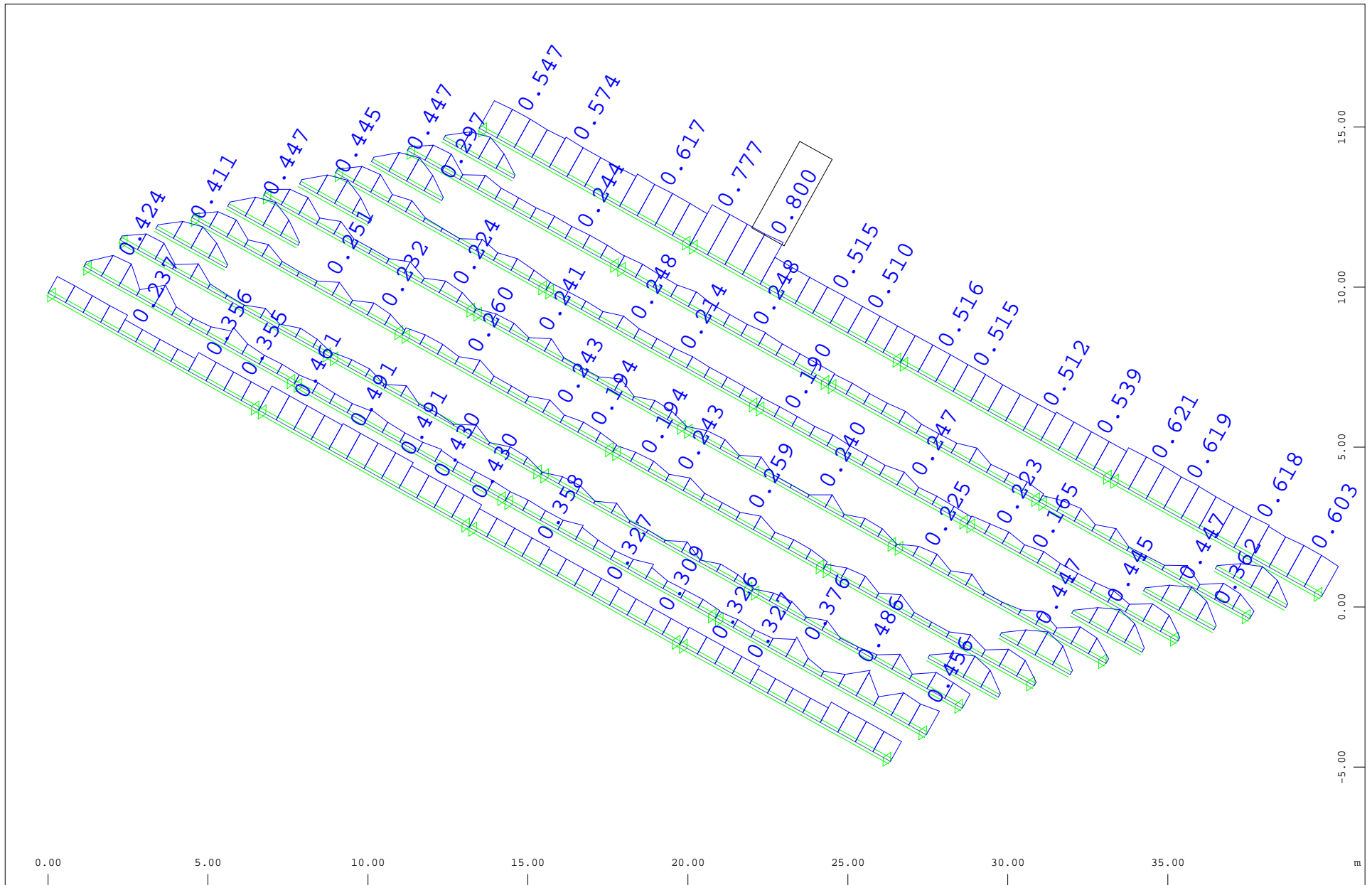
**3.A12. DISEÑO DE BARRAS. COEFICIENTE DE  
AGOTAMIENTO DE LAS BARRAS**



z Sector of system Beam Elements Group 101...105  
 x Beam Elements , Utilisation level Decisive - Total, Design Case 901 GlobalMAX SIGMA , 1 cm 3D = 0.902 (Max=0.750)



Sector of system Beam Elements Group 111...113 115  
 Beam Elements , Utilisation level Decisive - Total, Design Case 901 GlobalMAX SIGMA , 1 cm 3D = 0.902 (Max=0.538)



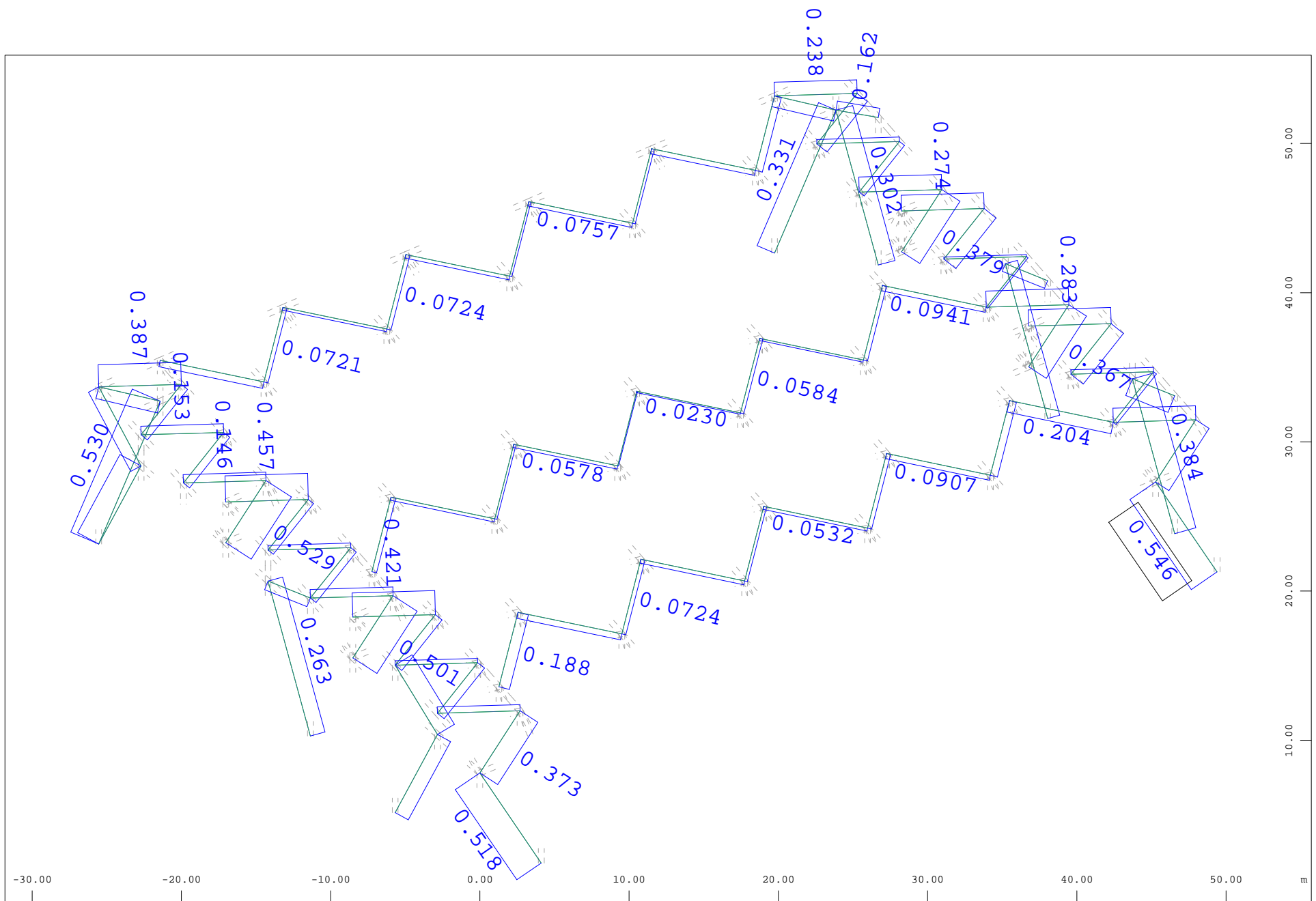
Sector of system Group 125

Beam Elements , Utilisation level Decisive - Total, Design Case 901 GlobalMAX SIGMA , 1 cm 3D = 0.902 (Max=0.800)

M 1 : 168

X \* 0.502  
Y \* 0.906  
Z \* 0.962





Sector of system Truss Elements  
 Truss Elements , Utilisation level Decisive - Total, Design Case 901 GlobalMAX SIGMA , 1 cm 3D = 0.902 (Max=0.546)

M 1 : 346  
 X \* 0.896  
 Y \* 0.766  
 Z \* 0.781